Aus der zentralen Aufnahmeabteilung und Röntgenologie
der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund-, Kiefer- und
Gesichtschirurgie des Fachbereiches Zahn-, Mund- und
Kieferheilkunde der Freien Universität Berlin
(Leiter: Prof. Dr. Dr. Dieter Herrmann)

VERGLEICHENDE RÖNTGENOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN ZUR DARSTELLUNG DES RECESSUS ALVEOLARIS DER KIEFERHÖHLE IN ORTHOPANTOMOGRAPHISCHER UND P. A. C. E. STANDARDPROJEKTION

DISSERTATION

zur Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Zahnärztin Maria Barlage

aus Dohren

1978

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41544718_0039

Aus der zentralen Aufnahmeabteilung und Röntgenologie
der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund-, Kiefer- und
Gesichtschirurgie des Fachbereiches Zahn-, Mund- und
Kieferheilkunde der Freien Universität Berlin
(Leiter: Prof. Dr. Dr. Dieter Herrmann)

VERGLEICHENDE RÖNTGENOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN ZUR DARSTELLUNG DES RECESSUS ALVEOLARIS DER KIEFERHÖHLE IN ORTHOPANTOMOGRAPHISCHER UND P. A. C. E. STANDARDPROJEKTION

DISSERTATION

zur Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Zahnärztin Maria Barlage

aus Dohren

Referent: Prof. Dr. Dr. Dieter Herrmann

Korreferent: Prof. Dr. Baldur Kempfle

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereiches Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 28. 06. 1978

Inhaltsübersicht

1. Einleitung 1

2. Allgemeiner Teil 2

2.1. Die Kieferhöhle 2

2.1.1. Entwicklung der Kieferhöhle 2
2.1.2. Anatomie der Kieferhöhle 3
2.1.3. Zähne und Kieferhöhle 5

2.2. Die Panorama-Schichtaufnahme-Methode 6

2.2.1. Entwicklung und Prinzip 6
2.2.2. Darstellung der Schicht 8

2.3. Röntgenologische Darstellung der Kieferhöhle im PACE 13

2.4. Röntgenologische Darstellung der Kieferhöhle im Orthopantomogramm 19

2.5. Diagnostische Verwertbarkeit von Panorama-Schichtaufnahmen in Bezug auf die Kieferhöhle und die Kieferhöhlenstandardprojektion 29

3. Spezieller Teil 38

3.1. Material und Methode 38

3.2. Experimentelle Röntgenaufnahmen 49

3.3. Klinische Röntgenaufnahmen 67

4. Diskussion 81

5. Zusammenfassung 89

6. Literaturverzeichnis 92

1. Einleitung

Mit der Entwicklung von Panorama-Schichtaufnahme-Methoden ist es möglich geworden, nicht nur Zähne und Kiefer in ihrer Gesamtheit, sondern zusätzlich weitere Anteile des maxillofacialen Systems auf demselben Film röntgenologisch zu erfassen, so z.B. die Kieferhöhlen.

Diese Tatsache wurde von zahlreichen Autoren zum Anlaß genommen, über die klinische Verwendbarkeit dieser neuartigen Kieferhöhlenprojektion zu berichten bzw. ihren Wert für die klinische Diagnostik mit demjenigen von Kieferhöhlenstandardprojektionen zu vergleichen.

Das Ziel dieser Arbeit ist nun ein e x p e r i m e n t e l l e r Vergleich der röntgenologischen Darstellung des Recessus alveolaris der Kieferhöhle im Orthopantomogramm und in der post.-ant.-cran.-exzentr. Kieferhöhlenstandardprojektion.

Die Ergebnisse werden anhand von klinischen Röntgenbildern überprüft.

2. Allgemeiner Teil

2.1. Die Kieferhöhle

2.1.1. Entwicklung der Kieferhöhle

Die Kieferhöhle wurde erstmalig von dem englischen Arzt Nathanael HIGHMORE (1613-1684) beschrieben (31); synonym wird sie als Highmorshöhle, Antrum Highmori, Oberkieferhöhle oder Sinus maxillaris bezeichnet.

Entwicklungsgeschichtlich ist sie das Produkt einer Einstülpung der Schleimhaut des mittleren Nasenganges in das Corpus maxillae (58), das sie am Ende des Pneumatisations- bzw. Resorptionsprozesses als größte der fünf Nasennebenhöhlen ausfüllt (109, 7). Die Entwicklung setzt etwa im 3.-4. Fetalmonat ein (109).

Beim Neugeborenen stellt sie eine ovale, flache Bucht von 3,5 mm Länge und 2 mm Höhe dar (58, 85).

Mit der 1. und 2. Dentition, besonders aber im Alter von 7 Jahren, setzt eine deutliche Kieferhöhlenvergrößerung ein, die im 8.-9. Lebensjahr mit dem Eindringen in den Jochbeinfortsatz annähernd zum Abschluß des Kieferhöhlenbreitenwachstums führt (109).

Mit etwa 13-14 Jahren ist dann die Kieferhöhle "beinahe durchweg gut entwickelt" (109); nach MEYER (58) findet sie ihren vorläufigen Abschluß mit der Einstellung aller Zähne in die Zahnreihe, während sie die endgültige Form wegen der zeitlebens vorhandenen Pneumatisationstendenz des Oberkieferkörpers erst im zahnlosen Oberkiefer erlangt (58).

Die mittlere Kapazität der Kieferhöhle eines Erwachsenen wird mit 11-12 cm^3 angegeben (69, 58); jedoch ist bekannt, wie außerordentlich variabel Form und Größe des Antrums sein können. So kann die Kieferhöhle fehlen (60, 58) oder auch ein Fassungsvermögen bis zu 31,5 cm^3 haben (69). Für die häufig auftretende Antrumvariabilität zwischen linker und rechter Seite desselben Individuums hat sich der Ausdruck "bilaterale Asymmetrie" eingebürgert.

2.1.2. Anatomie der Kieferhöhle

Die Kieferhöhle grenzt oben an die Augenhöhle, medial an die Nasenhöhle, hinten an die Fossa pterygopalatina und infratemporalis und unten an den Processus alveolaris (7). Bei regelmäßiger Bildung besitzt sie die Form einer dreiseitigen Pyramide, als deren basale Fläche man bald die obere orbitale, bald die innere nasale Wand bezeichnet (109). Insgesamt kann man demnach 4 kieferhöhlenbegrenzende Wände unterscheiden:

- eine obere, orbitale
- eine hintere, posteriore, infratemporale, laterale (mit Tuber maxillae)
- eine vordere, anteriore, faciale, frontale (mit Fossa canina)
- eine innere, nasale, mediale.

In der medialen Kieferhöhlenwand befindet sich, etwa in Höhe des mittleren Nasenganges, der Hiatus maxillaris als knöcherne Verbindung zwischen Nasen- und Kieferhöhle; die dazugehörige Schleimhautkommunikationsöffnung ist das Ostium maxillare.

Durch die andauernde Pneumatisationstendenz des Oberkieferkörpers bilden sich nach ZUCKERKANDL (109) "Rinnen, die sich zwischen je 2 Wänden der Kieferhöhle etablieren"

(109) und als Recessus oder Kieferhöhlenbuchten bezeichnet werden. In einer stark pneumatisierten Kieferhöhle kann man 5 solcher Buchten unterscheiden:

- Alveolarbucht oder Recessus alveolaris
- Gaumenbucht oder Recessus palatinus
- Infraorbitalbucht oder Recessus infraorbitalis
- Jochbeinbucht oder Recessus zygomaticus
- Gaumenbeinbucht .

Hiervon ist die Alveolarbucht wegen ihres engen Verhältnisses zu den Zähnen zweifellos die wichtigste und nach ZUCKERKANDL neben der Infraorbitalbucht auch die häufigste. Sie bildet sich nach HAIKE erst nach dem 12. Lebensjahr, also nach dem Durchbruch des 2. Molaren, aus (23); gelegentlich wird sie auch als untere Kieferhöhlenwand bezeichnet. Nach ZUCKERKANDL (109) kann sie 15 mm breit sein und sich bis 11 mm unter das Nasenbodenniveau erstrecken; nach v. BONSDORFF (7) reicht sie bis 14 mm, nach RESCHREITER (85) sogar bis 17 mm tiefer als der Boden der Nasenhöhle.

Erst wenn die Resorption die Zähne erreicht hat, greift sie in medialer Richtung auf die Gaumenplatte über und es entsteht die Gaumenbucht (109, 69), die nach ENNIS/ BATSON (17) sogar bis über die Gaumenmittellinie hinausgehen kann und dadurch im Röntgenbild eine Verbindung der beiden Kieferhöhlen vortäuschen kann.

Die Infraorbitalbucht entsteht durch Ausweitung des Antrums in den Processus frontalis ossis maxillaris oder durch Buchtenbildung im Bereich des Canalis infraorbitalis, der Recessus zygomaticus durch Aushöhlung des Processus zygomaticus ossis maxillaris, die Gaumenbeinbucht durch Einbeziehung des Hohlraums der Pars orbitalis ossis palatini in die Highmorshöhle (109).

Nerven- und Gefäßkanäle sind nach ZUCKERKANDL (109) vorzugsweise an der vorderen und seitlichen Wand der Kieferhöhle ausgeprägt; an ersterer zieht der N. infraorbitalis und der N. dentalis anterior herab, an letzterer sieht man den N. dentalis posterior und medius verlaufen.

2.1.3. Zähne und Kieferhöhle

Nach ZUCKERKANDL (109) fällt der erste Bicuspis bereits in die Projektion des Sinus maxillaris, bei excessiver Ausdehnung der Gaumenbucht kann aber auch eine Wurzelperiostitis der Schneidezähne die Kieferhöhle perforieren.

Die tiefste Stelle der Kieferhöhle wird in der Literatur als meistens über dem 2. Prämolaren oder dem 1. Molaren befindlich angegeben (109, 69). PAATERO (69) berichtet über Untersuchungen von SACKERER (88), der anhand von 40 Röntgenbildern das Verhältnis der Kieferhöhle zu den Zähnen und ihren Wurzeln untersuchte. Demnach folgt der Kieferhöhlenboden dem Alveolarfortsatz des Oberkiefers, dessen tiefster Punkt ungefähr dem ersten Molaren entspricht. Von hier aus erhebt er sich "dann etwas nach rückwärts, aber sehr schroff nach vorwärts" (88, 69).

2.2. Die Panorama-Schichtaufnahme-Methode

2.2.1. Entwicklung und Prinzip

Die Panorama-Schichtaufnahme-Methode geht auf grundlegende Arbeiten von PAATERO (70, 71, 72, 75, 76, 77, 78) zurück. Durch PAATERO ist es möglich geworden, mithilfe einer einfach zu bedienenden Apparatur auf einer einzigen Aufnahme eine umfassende radiographische Information über das gesamte Kauorgan zu erhalten (81).

PAATERO entwickelte seine Apparatur und das ihr zugrunde liegende Prinzip unabhängig davon, daß letzteres in ähnlicher Weise von HECKMANN bereits 1939, also 10 Jahre früher, beschrieben worden war (24, 25, 38). PAATERO (73) nennt seine Methode Pantomographie, eine Wortbildung aus Panorama und Tomographie bzw. panoramic tomography, die resultierenden Bilder heißen entsprechend Pantomogramme, das Gerät Pantomograph.

Dieses Verfahren mit der Möglichkeit, gekrümmte Schichten des Körpers aufzunehmen, beruht nach PAATERO (74) auf der Tatsache, "daß durch einen schmalen Spalt auf einem bewegten Film diejenige Schicht eines rotierenden Objektes abgebildet wird, die sich mit der gleichen linearen Geschwindigkeit und in der gleichen Richtung bewegt wie der Film selbst. Der Film und die besagte Schicht befinden sich während der Belichtung dabei zueinander in Ruhe. Alle außerhalb dieser Schicht gelegenen Objektteile werfen dagegen auf den Film mehr oder weniger schnell bewegte Schatten und werden somit verwischt." (74).

Zunächst entwickelte PAATERO (73) auf diesem Prinzip den Pantomographen, wobei Objekt und Film mit der gleichen Winkelgeschwindigkeit rotieren, während die Röhre mit der vertikalen Schlitzblende stationär bleibt. Auf der glei-

chen Basis arbeitet der auf BLACKMAN's Initiative zurückgehende Rotagraph (5, 36).

Mit dem Ziel, möglichst alle Zähne in orthoradialer Projektion zu erfassen, wurden Geräte mit mehreren Rotationszentren entwickelt: 1957 der Panorex (S.S. White) mit 2 Rotationszentren, die jeweils links und rechts im Bereich lingual vom unteren Weisheitszahn liegen (33) und 1958/59 der Orthopantomograph (Siemens) mit 3 Rotationszentren, von denen je eines im Bereich des linken und rechten Unterkieferwinkels liegt und das dritte sich ca. 3 cm hinter den Incisivi befindet (94). Letzterer ist heute so konstruiert, daß die Apparatur nur im Frontzahnbereich über einen Winkel von 26° eine echte cyclische Bewegung ausführt, der Wechsel zu den seitlichen Rotationszentren aber nicht abrupt, sondern schrittweise abläuft (1, 62).

Bei allen auf den Pantomographen und Rotagraphen folgenden Panorama-Schichtgeräten wird außerdem nicht mehr der Patient selbst bewegt, sondern es rotieren die Röhre mit der vertikalen Schlitzblende und der Film um den Kopf des Patienten, wobei letzterer während der Belichtungszeit stationär bleibt (38).

Mit dem 1970/71 eingeführten GE-3000 (General Electric) (50, 51, 52) und dem 1971/72 eingeführten Panex bzw. Panex-E (Morita) ging die Entwicklung von Rotationszentren auf den "sliding focus" (63) bzw. das "gleitende Drehzentrum" (81) über, wodurch die Abbildung einer ellipsenförmigen Schicht ermöglicht wird, die zudem beim GE-3000 an verschiedene Schädelgrößen und beim Panex an verschiedene Kiefergrößen angepaßt werden kann.

Nach JUNG (40) sind weder der Panorex, noch der Orthopantomograph, noch der GE-3000 in der Lage, ein von allen Zahnbogenabschnitten orthoradial projiziertes Bild zu lie-

fern und HEIFETZ (26) meint zum GE-3000 und Panex-E, daß diese Geräte zwar theoretisch in der Lage sind, die Zahnbögen annähernd ideal aufzunehmen, daß die Untersuchung der tatsächlichen Ergebnisse aber zeigt, daß dies nicht immer voll realisiert ist; er schlußfolgert, daß "any mechanical adaption to the shape of the dental arch represents, at best, an engineering compromise" (26).

Heute sind zahlreiche weitere Panorama-Schichtgeräte auf dem Markt, die aber keine weiteren grundsätzlichen Neuerungen mehr aufzeigen (54, 107, 18, 96 u.a.).

2.2.2. Darstellung der Schicht

Theoretisch-mathematische bzw. analytische Beiträge zur Darstellung der Schicht bei pantomographischen Methoden leisteten PAATERO (73), DUHAMEL (13, 14), HUDSON/KUMPULA/DICKSON (33), VUORINEN (103), SOILA (95), TAMMISALO (99), TAMMISALO/NIEMINEN (101), NYSTRÖM/WELANDER (62, 63) u.a.; experimentelle Beiträge stammen von PAATERO (71, 76), KNOOP (47), JUNG (36), SCHOPF (90), BROWN/CHRISTEN/JERMAN (8), OGURA (64) und LUND/MANSON-HING (50, 51, 52). Bezüglich der Schichtdarstellung sind vor allem die Ergebnisse der experimentellen Arbeiten von Wichtigkeit, da hier auch theoretisch schwer kalkulierbare, materialbedingte Faktoren eingehen (Film- und Verstärkerfolien etc.).

Nach PAATERO (71) sind in der Pantomographie folgende drei Faktoren für die Dicke der röntgenologisch abgebildeten Schicht wichtig:

1. Lage des Objektes zur Rotationsachse
2. Rotationsgeschwindigkeit
3. Divergenz des Nutzstrahlenbündels in der Horizontalebene

ad 1: Die Schichtdicke nimmt mit dem Abstand Objekt-Rotationsachse zu.

ad 2: Je größer die Rotationsgeschwindigkeit, desto dünner ist die abgebildete Schicht.

ad 3: Je größer die Divergenz, desto dünner ist die abgebildete Schicht.

KNOOP (47) bestätigt durch experimentelle Untersuchungen diese Ergebnisse, weist aber gleichzeitig darauf hin, daß sich bei seinen Versuchen die Rotationsgeschwindigkeit nur geringfügig auf die Dicke der Bildschicht ausgewirkt habe.

OGURA (64) bestätigt ebenfalls die Angaben PAATERO's bezüglich der Divergenz des Nutzstrahlenbündels und der Entfernung Rotationsachse-Objekt; dabei stellt er fest, daß mit fallender vertikaler Schlitzbreite die Schichtdicke hyperbolisch ansteigt, während sie mit Verkürzung des Abstandes Rotationsachse-Schicht linear abnimmt.

JUNG (36) hat experimentell mithilfe eines Stahlkugelphantoms Form und Dicke der Schicht beim Orthopantomographen und beim Panorex ermittelt. Die Grenzen der Schicht wurden dorthin gelegt, wo der Schatten der Stahlkugeln von der kreisrunden Form Abweichungen zeigte. Die zwischen Schärfebereich und Rotationszentrum gelegenen Kugeln erschienen in die Breite gezogen, während die Schatten der peripher zwischen Schicht und Film befindlichen Kugeln mehr oder weniger ausgeprägt zu Ovalen zusammengeschoben dargestellt wurden. Durch strenge Auslese der eindeutig runden Bildpunkte erhielt er folgende Ergebnisse:"Das Horizontalschnittbild der einen Schichtseite beim Orthopantomographen hat die Form eines langgestreckten Doppel-S, dem auf der Gegenseite das Spiegelbild so gegenüberliegt, daß der anteriore Abschnitt von einem inneren Kreisbogen mit 30 mm Halbmesser begrenzt wird. Die Schicht erstreckt sich über einen Bereich von 100°, in dem ihre Dicke zwischen 4 und 6 mm

beträgt. Nach dem Übergang zu den lateralen Anteilen, der kontinuierlich auf eine sehr kurze Distanz von ca. 4-6 mm erfolgt, verbreitert sie sich auf 10 mm. Die lateralen Rotationszentren liegen innerhalb der Schicht, ... Die Dicke der Schicht beträgt beim Panorex in allen Fällen 7-8 mm an der dünnsten Stelle (Molarenregion, kürzester Abstand vom Drehpunkt) und 10-12 mm im Frontabschnitt. Zur scharfen Darstellung des Objektes steht beim Panorex demnach ein mehr oder weniger hufeisenförmig gekrümmter Raum von relativ gleichmäßiger Dicke (rund 10 mm) zur Verfügung. Beim Orthopantomographen sind die Bedingungen für die Wiedergabe des Seitenzahnbereiches ganz ähnlich;" (36). Die Höhe der Schicht beträgt nach JUNG (37) beim Orthopantomographen dem Filmformat entsprechend 15 cm, so daß etwa ein Bereich von der Basis mandibulae bis zur Regio articularis erfaßt wird.

SCHOPF (90) benutzte für seine experimentellen Untersuchungen zur Bestimmung von Form und Dicke der scharf dargestellten Schicht beim Orthopantomographen Kunststoffplatten, in denen zylinderförmige Hohlräume von gleichmäßiger Größe mit Silberamalgam aufgefüllt worden waren. Anhand der Abbildung dieser Metallmarkierungen, die entweder "scharf", "verzerrt" oder "gar nicht" auf dem Orthopantomogramm dargestellt wurden, kam der Autor zu dem Ergebnis, daß die "scharf" gezeichnete Schicht beim Orthopantomographen im frontalen Abschnitt etwa 5 mm, im seitlichen etwa 10 mm breit ist, einen hyperbelförmigen Verlauf hat und somit der Form eines normalen Zahnbogens (Abstand 6:6 = 49 mm) entspricht, wobei ein breiter Zahnbogen relativ besser zur Darstellung kommt als ein schmaler (Abstand 6:6 = 56 bzw. 42 mm).

BROWN/CHRISTEN/JERMAN (8) ermittelten anhand der Schärfe der Abbildung von in Plexiglasscheiben montierten Nadeln die Schichtdarstellung am Panorex in drei Ebenen: horizon-

tal, vertikal und sagittal. Für die horizontale Schichtbreite fanden sie Werte zwischen 1,4 und 2,4 cm. Diese Angaben kann man jedoch nur für den posterioren Bereich verwenden, da die vordere anteriore Schichtgrenze experimentell nicht mehr ganz erfaßt wurde. Für die vertikale Dimension wurde festgestellt, daß die Darstellung in 3 verschiedenen Höhen unteinander annähernd identisch war. In der Sagittalen fanden die Autoren, daß die Schicht im hinteren posterioren Bereich zur Mittellinie schwenkte und damit tendenziell entgegengesetzt zu der Richtung des aufsteigenden Astes verlief.

Bei der Untersuchung von LUND/MANSON-HING (50) wurden die Schichtbreiten des Panorex, des Orthopantomographen und des GE-3000 derart miteinander verglichen, daß 4 Begutachter die Darstellung von Schrauben in Plexiglas als "scharf", "noch scharf" oder "unscharf" beurteilten. Hieraus ergab sich für den Panorex eine "scharf" dargestellte Schicht in einer Breite von durchweg ca. 20 mm, während für den Orthopantomographen und den GE-3000 eine ca. 20 mm breite Schicht nur für den posterioren Bereich als "scharf" beurteilt werden konnte und im anterioren Bereich überhaupt keine Schicht "scharf" zur Darstellung kam. Diese Tatsache wurde vom Autor folgendermaßen begründet: Filmhalter und Röntgenröhre würden sich, sowohl beim Orthopantomographen als auch beim GE-3000, während der Belichtung des anterioren Bereichs langsamer drehen, um so die durch die Wirbelsäule bedingte Strahlenabsorption zu kompensieren; in der eigenen Versuchsanordnung fehlte dieser strahlenabsorbierende Faktor, so daß der anteriore Bereich relativ zu stark belichtet wurde und von daher dem Beobachter etwas unscharf erscheint haben könnte. Der "noch scharfe" Bereich betrug für den Panorex anterior ca. 30 mm und posterior ca. 24 mm, für den Orthopantomographen anterior ca. 8 mm und posterior ca. 26 mm, für den GE-3000 anterior ca. 5 mm und posterior ca. 31 mm.

Gerät	Schichtbreite in mm anterior	posterior	Autor
Orthopan-tomograph	4 - 6	10	JUNG (36)
	5	10	SCHOPF (90)
	0 / 8	20 / 26	LUND/MANSON-HING (50)
Panorex	10 - 12	7 - 10	JUNG (36)
	---	14 - 24	BROWN/CHRISTEN/JERMAN (8)
	20 / 30	20 / 24	LUND/MANSON-HING (50)
GE-3000	0 / 5	20 / 31	LUND/MANSON-HING (50)

Tab. 1: Zusammenstellung experimentell ermittelter Schichtbreiten für 3 Panorama-Schichtgeräte

MÜNCH (61) gibt für den Panex-E eine Schichtbreite von 5 mm im anterioren un 15 mm im posterioren Bereich an, allerdings ohne die Quelle dieser Werte zu nennen.

In Tabelle 1 sind die experimentell ermittelten Schichtbreiten für den Orthopantomographen, den Panorex und den GE-3000 mit Angabe des jeweiligen Autors zusammengestellt. Bei allen diesen Schichtbreiteangaben muß berücksichtigt werden, daß es sich um Ergebnisse experimenteller Untersuchungen handelt, wobei klinische Einflüsse nicht berücksichtigt werden, so z.B. die durch Knochen und Weichteile bedingte Absorption und die darin erzeugte Streustrahlung. Nach WÄGENER (104) ist die Schicht um so dünner, je stärker die Absorption ist. Es muß daher angenommen werden, daß die tatsächlichen Werte der deutlich dargestellten Schicht unter den experimentell ermittelten Werten liegen.

Für die Schärfe der Abbildung von Objektteilen bei Panorama-Schichtmethoden gilt, daß diese um so mehr abnimmt, je weiter das Abzubildende von der mathematischen Bildschicht entfernt ist (47) und je näher es zur Rotationsachse liegt (36).

2.3. Röntgenologische Darstellung der Kieferhöhle im PACE

Seit SCHEIER (89) bereits 1896 über die Verwertung der Röntgenstrahlen in der Diagnostik von Erkrankungen der Nase resp. deren Nebenhöhlen berichtete, wurden zahlreiche Nasennebenhöhlenprojektionen angegeben.

Als Standardübersichtsaufnahme der Kieferhöhle hat sich die post.-ant.-cran.-exzentr. bzw. post.-ant.-caud.-exzentr., kurz auch PACE genannte Projektion in der Diagnose von pathologischen Antrumveränderungen bewährt (4), wobei die post.-ant., lateralen, axialen und tomographischen Schädelübersichtsaufnahmen neben weiteren ergänzend zur Kieferhöhlendifferentialdiagnostik herangezogen werden.

Die PACE-Projektion wurde von WATERS (105) 1915 als Modifikation der occipito-frontalen Projektion beschrieben; sie ermöglicht eine klare Darstellung der Kieferhöhle, ohne störende Überlagerungen durch Teile der Schädelbasis, insbesondere der Pars petrosa ossis temporalis. Die häufig als Waters' Projektion bezeichnete Technik wurde weiter modifiziert, so daß es heute eine Vielzahl verschiedener PACE-Projektionen gibt, z.B. die occipito-mentale (4, 43), die occipito-orale (21), die occipito-nasale (11, 3) bzw. halb-axiale (3) u.a. Allen gemeinsam ist der Verlauf des Zentralstrahls in der Mediansagittalebene. Hierauf ist nach HIELSCHER (30) durch symmetrische Lagerung des Kopfes ganz besonders zu achten, damit eine Kieferhöhlendiagnostik durch den Vergleich der linken und rechten Seite ermöglicht wird. Die cranial-exzentrische Abweichung dagegen läßt nach Meinung dieses Autors Variationen in recht großen Grenzen zu (30).

Röntgenologische Anatomie der Kieferhöhle im PACE

Nach YOUNG (108) ist die Kieferhöhle im Alter von 6-9 Monaten groß genug, um im PACE röntgenologisch sichtbar zu werden und am Ende des 1. Lebensjahres bereits so gut pneumatisiert, daß bei einer Verschattung ein pathologischer Prozeß angenommen werden kann. Andere Autoren geben an, daß die Kieferhöhlen erst im Alter von ca. 2 Jahren im Röntgenbild deutlich sichtbar werden (106, 91).

Nach JAKOB (35) erscheint die Kieferhöhle im Röntgenbild als Dreieck mit abgerundeten Ecken, dessen eine Ecke die Alveolarbucht darstellt.

Bei der Interpretation des PACE muß man sich stets der Tatsache bewußt sein, daß die hinteren Objektpunkte durch die exzentrische Projektion immer mehr im Strahlengang wandern als die in gleicher Distanz von der Medianebene und weiter vorn gelegenen Anteile (28).

Die Anatomie der Kieferhöhle im PACE wurde u.a. von AUER (3) und POTTER/PALMER (84) beschrieben. Insbesondere nach den Untersuchungen von AUER (3) beteiligen sich folgende Kieferhöhlenanteile an der Außenbegrenzung des Antrums im PACE in der Reihenfolge von medial, cranial, lateral, caudal nach basal gesehen (vgl. Abb. 1, S. 15):

- mediale Kieferhöhlenwand
- orbitale Kieferhöhlenwand
- laterale Kieferhöhlenwand
- Recessus zygomaticus
- Crista infrazygomatica
- Recessus alveolaris

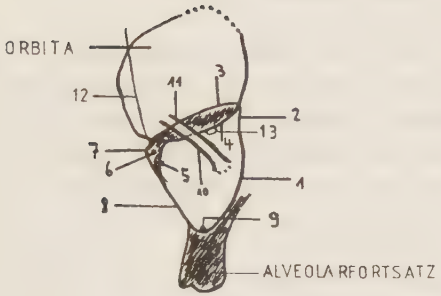


Abb. 1: Darstellung der Kieferhöhle im PACE, Aufriß (nach AUER 1953, modifiz.)

Legende zu Abb. 1:

1 Mediale KH-Wand, vordere Anteile
2 Ethmomaxilläre Platte
3 Übergang Vorderwand/Dach
4 nach AUER (1953): Übergang Seitenwand/Dach nach POTTER/PALMER (1976): Orbitaboden, ca. 1 cm hinter dem vorderen Orbitarand
5 Übergang hinterer/vorderer Abschnitt der Seitenwand (=VI, Abb. 2)
6 Vorderer Abschnitt der Seitenwand (=IIb, Abb. 2)
7 Boden des Rec. zygomaticus
8 Crista infrazygomatica
9 Tiefste Stelle des KH-Bodens (vorn)
10 Ala major ossis sphenoid., medialer vorderer Rand
11 Ala minor ossis sphenoid., medialer hinterer Rand
12 Linea innominata (Squama ossis temporalis)
13 F. infraorbitale

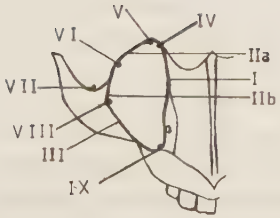


Abb. 2: Aufsicht der rechten Kieferhöhle bei einem Horizontalschnitt in Höhe der Concha nasalis inf. (nach OHBA/KATAYAMA 1975, modifiziert)

Legende zu Abb. 2:

I Mediale KH-Wand
II Laterale KH-Wand
a) hinterer Abschnitt
b) vorderer Abschnitt
III Anteriore KH-Wand
IV Übergang med./lat. KH-Wand
V Maximale Konvexität der post. KH-Wand
VI Übergang hinterer/vorderer Abschnitt der lateralen KH-Wand
VII Proc. zygomaticus, hintere Oberfläche
VIII Übergang lat./ant. KH-Wand
IX Übergang med./ant. KH-Wand

Die mediale Kieferhöhlenbegrenzung im PACE

Nach POTTER/PALMER (84) wird die Kieferhöhle medialwärts folgendermaßen begrenzt: im unteren Anteil durch vordere Anteile der medialen Antrumwand (1, Abb. 1), im oberen Anteil durch diejenige Wand des Os ethmoidale, die es von der Kieferhöhle trennt und die vom Autor als ethmomaxilläre Platte bezeichnet wird (2, Abb. 1).

Die orbitale Kieferhöhlenbegrenzung im PACE

Das Kieferhöhlendach fällt räumlich gesehen entsprechend dem Orbitaboden nach vorne und lateral zu ab. Es erscheint im PACE als etwa 0,5-1 cm breiter Schatten, bei dessem oberen Rand es sich nach Meinung von POTTER/PALMER (84) und AUER (3) übereinstimmend um den Übergang der Vorderwand zum Dach handelt (3, Abb. 1). Die untere Begrenzung (4, Abb. 1) dagegen beruht nach POTTER/PALMER (84) auf Orbitaanteilen, die etwa 1 cm hinter dem vorderen Orbitarand liegen, während es sich nach AUER (3) hierbei um den Übergang der Kieferhöhlenseitenwand zum -dach handelt.

Die laterale Kieferhöhlenbegrenzung im PACE

Lateralwärts der Abbildung des Kieferhöhlendaches schließt sich der im Vergleich zur übrigen Kieferhöhlendarstellung meist dichtere Teil des vorderen Abschnittes der Seitenwand an (6, Abb. 1). Dieser Abschnitt verläuft in einem relativ spitzen Winkel zur Schädelmedianebene, was die Dichte seiner Schattengebung bedingt. Manchmal wird er jedoch auch durchstrahlt (3). Die vordere Seitenwand ist im Bild medialwärts meist durch eine Linie begrenzt, die ihrem dorsalen, axial getroffenen Ende entspricht (3).

Der Recessus zygomaticus im PACE

"Im sagittalen Bild findet sich am weitesten lateral linienförmig die Abbildung des Bodens des Recessus zygomaticus der KH." (3). Diese Linie stellt gleichzeitig das am weitesten nach außen gelegene Ende der Vorderwand dar (7, Abb. 1) (3).

Die Crista infrazygomatica im PACE

Basalwärts geht die Kontur des Recessus zygomaticus in die Darstellung der Crista infrazygomatica über (8, Abb. 1). Ihr schräg verlaufender Rand liegt lateral oben am weitesten ventral und mündet in die tiefste Stelle des Bodens ein (9, Abb. 1) (3).

Der Recessus alveolaris im PACE

"Die tiefste Stelle der Höhle im Sagittalbild liegt vorn, meist in der Höhe des 1. Molaren, wo die Crista infrazygomatica einmündet" (9, Abb. 1) (3).

Im PACE "bildet sich nur der ventrale Teil des Bodens ab, während in den dorsalen die Praemolaren projiziert werden, ..." (3). Zur Darstellung des dorsalen Kieferhöhlenbodens ist nach AUER (3) die p.a. Aufnahme nötig; ebenso zur Erkennung von ganz ventral gelegenen Veränderungen, so beispielsweise Polypen, die im PACE die Kieferhöhlen scheinbar ganz ausfüllen, in Wirklichkeit aber nur kirschgroß oder noch kleiner zu sein brauchen (3).

Im Gegensatz zu AUER (3) ist HIELSCHER (30) der Meinung, daß die Aufhellung im basalen Kieferhöhlenabschnitt im PACE besonders durch r ü c k w ä r t s gelegene Anteile des

Rec. alveolaris bedingt ist und somit die untere Kieferhöhlenbegrenzungslinie durch die Abzeichnung von Wandanteilen entsteht, die d o r s a l der Crista infrazygomatica liegen. Cranialwärts beteiligen sich nach HIELSCHER (30) dann mehr und mehr die rostralen, zentralen und dorsocranialen Hohlraumabschnitte an der Transparenz.

Auch CLEMENTSCHITSCH gibt an, daß im PACE die Kieferhöhlen in der Ausdehnung "...von vorne oben nach dorsal unten dargestellt ..." werden (11).

2.4. Röntgenologische Darstellung der Kieferhöhle im Orthopantomogramm

Über die röntgenologische Darstellung in Panorama-Schichtaufnahmen wurde anhand experimenteller Untersuchungen von PAATERO (79), JUNG (37, 39), KNIGHT (46), GREENBAUM/RAPPAPORT/GUNN (22), GARCIA (19), PERRELET/GARCIA (82), EDGE/CHAMPION (16), CHILES/GORES (9), YAMANO/SASAHARA/KITAHARA/KUBOTA/KAWADA/TAKASHIMA (107), KATAYAMA/OHBA/OGAWA (42), KISHKOVSKIJ/KOVACHEV/APRJATKINA (44), OHBA/KATAYAMA (67) und MLOSEK/KRYST (59) berichtet. Nur PAATERO (79), JUNG (37, 39), GARCIA (19), PERRELET/GARCIA (82), EDGE/CHAMPION (16), CHILES/GORES (9) und KISHKOVSKIJ/KOVACHEV/APRJATKINA (44) arbeiteten dabei mit dem Orthopantomographen; speziell Beiträge zum Thema Kieferhöhlendarstellung im Orthopantomogramm leisteten hiervon PAATERO (79), JUNG (37, 39) und KISHKOVSKIJ/KOVACHEV/APRJATKINA (44).

Interpretation eines Orthopantomogramms

Zunächst muß man bei der Interpretation eines Orthopantomogramms spezifische

- gerätbedingte Faktoren und
- projektionsbedingte Faktoren

kennen, die zu Verschattungen im Röntgenbild führen, die im ersten Fall anatomisch gar nicht und im zweiten Fall nicht in dem röntgenologisch abgebildeten Bereich vorhanden sind und daher gelegentlich auch als "Artefakte" (16, 55) bezeichnet werden.

Gerätbedingte Faktoren

Hierzu gehören Vorrichtungen an der Apparatur, die auch bei "Leeraufnahmen", d.h. bei Aufnahmen ohne Objekt, auf

dem Orthopantomogramm als Schatten erscheinen und daher von vornherein auf dem Orthopantomogramm vorhanden und abzuklären sind. Nach Untersuchungen von EDGE/CHAMPION (16) zählen hierzu:

- Kopfhalter beidseitig
- Kinnstütze
- Plexiglasstützvorrichtung
- Filmmarkierungen (Links, Rechts)

Die Darstellung der Kieferhöhle kann dabei nur von der Plexiglasstützvorrichtung beeinflußt werden, die durch ihre Öffnung nach hinten zu einer größeren Schwärzung im gesamten mittleren Bildanteil führt und damit die Darstellung der medialen Kieferhöhlenanteile betrifft (16).

Projektionsbedingte Faktoren

Hierbei ist zu berücksichtigen, daß auch bei tomographischen Methoden grundsätzlich alle im Nutzstrahlenbündel liegenden Strukturen auf das Röntgenbild projiziert werden: die Objektanteile im ausgewählten Schichtbereich scharf, überlagert von den Verwischungsschatten der davor und dahinter liegenden Substanzen. Außerhalb des Schichtbereichs liegende Strukturen werfen um so dichtere Schatten auf das Bild, je näher sie zur scharf abzubildenden Schicht liegen und je kleiner der Winkel ist, den ihre Längsachse mit dem Zentralstrahl bildet. Sie erscheinen als Verwischungsschatten, die das Bild so stark überlagern können, daß es zumindest teilweise nicht mehr interpretiert werden kann.

Gilt dieses für alle tomographischen Methoden, so kommt bei der Panorama-Schichttechnik noch die Besonderheit hinzu, daß es auf der linken und rechten Seite einen Bereich gibt, der während der Aufnahme zweimal belichtet wird. Es handelt sich hierbei um die Region des Unterkieferwinkel-

bereichs und seiner näheren Umgebung. Hier gelegene Strukturen werden daher bei jeder Aufnahme zweimal durchstrahlt und, bei entsprechender Lage, Dicke und Dichte, auch zweimal abgebildet: einmal deutlich, wenn sie filmnah und in der Schicht liegen und einmal auf der kontralateralen Seite in der filmfernen Position mehr oder minder stark verwischt und wegen der leicht caudal exzentrischen Projektion von ca. 9^{o} nach cranial verschoben. EDGE/CHAMPION (16) bezeichnen diese zweifache Darstellung derselben Struktur im Orthopantomogramm als Primär- bzw. Sekundärbild, wobei letzteres den Verwischungsschatten der Struktur umschreibt. Primär- und Sekundärbilder können durch anatomische, pathologische oder sonstige Gegebenheiten in und um den Unterkieferwinkelbereich bedingt sein wie z.B. durch:

- den Kieferwinkelknochen selbst
- Speichelsteine
- Füllungen, Kronen u.ä.
- Ohrringe, Haarnadeln, Hörgeräte usw.

Von dieser Aufzählung ist nur der erste Punkt, der Kieferwinkelknochen normalerweise bei jedem Menschen vorhanden und seine zweifache Abbildung im Orthopantomogramm daher zu erwarten. Sein Sekundärbild überlagert vor allem die lateralen Kieferhöhlenanteile der Gegenseite. Der Grad dieser Verschattung variiert mit den anatomischen Gegebenheiten. Er kann daher kaum wahrnehmbar und damit diagnostisch unwichtig sein, er kann aber auch massiv Teile der Kieferhöhle überlagern und diese der diagnostischen Beurteilung entziehen. Auch die übrigen Punkte der Aufzählung nach EDGE/CHAMPION (16) können Verwischungsschatten in der Kieferhöhlentransparenz verursachen und sind als solche ggf. differentialdiagnostisch abzuklären (55).

Darstellung des Rec. alveolaris im Orthopantomogramm

GARCIA (19) stellte anhand seiner Untersuchungen einen Atlas über die röntgenologische Anatomie im Orthopantomogramm zusammen, die, soweit es die Kieferhöhle und ihre Umgebung betrifft, aus Abbildung 3 (S. 23) zu ersehen ist.

Die Kieferhöhle wird nach JUNG (36, 37) im Orthopantomogramm in einem vertikalen Winkel von 15° bis 20° dargestellt, einer flachen und damit günstigen Projektion zur Beurteilung des Kieferhöhlenbodens. Sowohl JUNG (37) als auch KISHKOVSKIJ/KOVACHEV/APRJATKINA (44) vertreten daher die Ansicht, daß die Beziehungen des Kieferhöhlenbodens zu den Seitenzahnwurzeln recht gut wiedergegeben werden.

Geht man nun von der Annahme aus, daß der Proc. alveolaris im Bereich der scharf abzubildenden Schicht liegt, so, meint PAATERO (79), müßte dasselbe auch für den Boden des Rec. alveolaris der Kieferhöhle gelten, was beispielsweise für die Diagnose gewöhnlich in diesem Bereich befindlicher dentogener Zysten und Polypen von Vorteil sein könnte. PAATERO (79) findet diese Überlegungen durch sein Untersuchungsergebnis bestätigt: anhand von Gummibällchen, die er hintereinander auf den Kieferhöhlenboden legt, stellt er fest, daß ihre Abbildung im Orthopantomogramm sehr exakt der Realität entspricht.

JUNG (37) dagegen vertritt die Ansicht, daß die Mesial-Distal-Relationen der Kieferhöhle wegen der von distal nach mesial zunehmenden exzentrischen Projektion im Orthopantomogramm nur im Bereich der Molaren eine annähernd korrekte Wiedergabe erfahren, während im anterioren Abschnitt der Seitenzahnregion die anatomische Situation nicht immer einwandfrei zu erkennen ist (vgl. Abb. 4, S. 24).

Aus der Schärfe der orthopantomographischen Abbildung

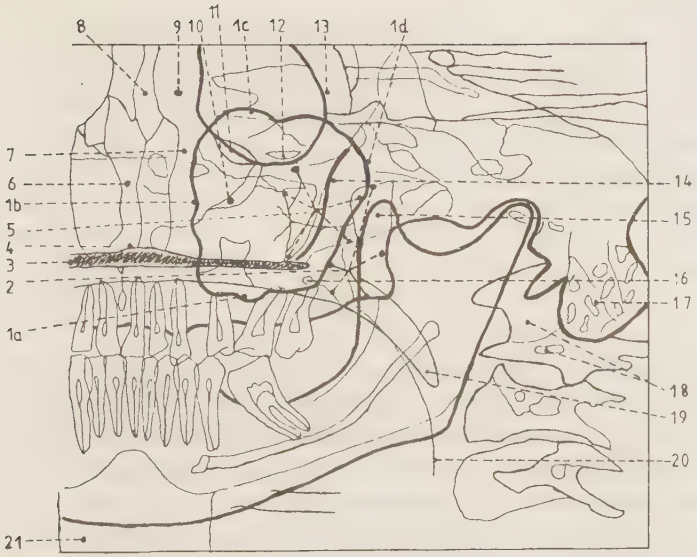


Abb. 3: Anatomie im Orthopantomogramm (linke Seite)
(nach GARCIA 1971, modifiziert)

1 Kieferhöhlenbegrenzung
  a) untere Wand
  b) Grenze zw. facialer und med. Wand (IX, Abb. 2)
  c) obere Wand
  d) maximale dorsale Konvexität der lat. Wand (V, Abb. 2)
2 Proc. pterygoideus ossis sphenoidalis
3 Palatum durum (nach GARCIA 1971) bzw.
  laterobasale Nasenlinie (nach JUNG 1964)
4 Spina nasalis anterior
5 Os zygomaticum
6 Septum nasi
7 laterale Nasenwand
8 Os nasale
9 mediale Orbitawand
10 F. und C. infraorbitalis
11 Sulcus lacrimalis
12 Sulcus infraorbitalis
13 laterale Orbitawand
14 Linea innominata
15 Proc. muscularis mandibulae
16 F. und C. palatinus majus
17 Proc. mastoideus ossis temporalis
18 Atlas
19 Velum palatinum und Uvula
20 Zungenschatten
21 Wirbelsäulenschatten

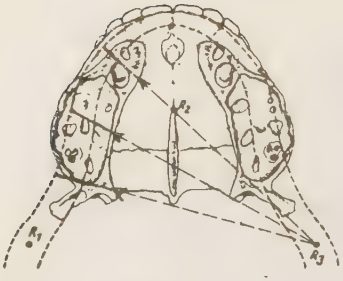


Abb. 4: Aufsicht auf den Kieferhöhlenboden, überlagert mit dem Schichtschnitt für den Orthopantomographen (nach JUNG 1964)

eines kleinen, am Kieferhöhlenboden eines mazerierten Schädels befestigten Drahtstückchens schließt JUNG (37) weiter, daß der eigentliche Kieferhöhlenboden bereits am Übergang von der scharf wiedergegebenen Schicht zu der oral davon befindlichen unscharfen Zone liegt und ohne eingelegte Drahtmarken nur schwer zu identifizieren ist. JUNG (37) schlußfolgert aus experimentell un klinisch gewonnenen Beobachtungen, daß anhand von Panorama-Schichtaufnahmen

- die Mesial-Distal Relationen vorwiegend im Gebiet der Molaren eindeutig wiedergegeben werden, während in anterioren Abschnitten Distorsionen auftreten
- die cranial-caudalen Beziehungen eine annähernd korrekte Darstellung erfahren
- über die bucco-palatinalen Relationen zwischen Kieferhöhlenboden und Zahnwurzeln kein Aufschluß erlangt werden kann (37).

Darstellung der Kieferhöhlenwände im Orthopantomogramm

Anhand von kleinen, in der Kieferhöhle befestigten Drahtstückchen zeigt JUNG (37) experimentell, daß untere Bereiche der buccalen Kieferhöhlenwand scharf wiedergegeben werden, während die nasale Antrumwand nicht mehr an die Schichtgrenze heranreicht und daher unscharf dargestellt wird.

Nach PAATERO (79) kann die mediale Kieferhöhlenwand aber zumindest dann noch reproduziert werden, wenn sie in die Kieferhöhle vorgebogen ist; auf jeden Fall aber ist nach PAATERO (79) die mediale Kieferhöhlenwand eine der Hauptursachen der mehr oder minder deutlichen Schatten, die die Kieferhöhlentransparenz im Orthopantomogramm verschleiern. Er unterstreicht diese Annahme durch klinische Röntgenbilder, in denen innerhalb dieser Schatten der Hiatus maxillaris als klar begrenzter, schwarzer Bereich sichtbar wird.

Diese Überlegungen PAATERO's werden durch die Untersuchungsergebnisse von OHBA/KATAYAMA (67) untermauert, die mithilfe einer Panex-Apparatur feststellen, daß

- die faciale Kieferhöhlenwand über etwa 2/3 der nach medial gelegenen Antrumtransparenz projiziert wird
- die laterale Kieferhöhlenwand über etwa 1/3 der nach lateral gelegenen Antrumtransparenz projiziert wird
- die mediale Wand jedoch sowohl die faciale als auch die laterale Wand und damit nahezu die gesamt Kieferhöhlentransparenz überlagert.

OHBA/KATAYAMA (67) haben sich in derselben Untersuchung auch mit der Frage beschäftigt, welche Kieferhöhlenanteile an der seitlichen Außenbegrenzung der Antrumtransparenz in Panorama-Schichtaufnahmen beteiligt sind. Ihr Ergebnis stimmt mit dem von KISHKOVSKIJ/KOVACHEV/APRJATKINA (44) am Orthopantomographen erlangten Resultat überein, daß

- die mediale Kieferhöhlenkontur mit dem inneren Übergang der facialen zur medialen Kieferhöhlenwand identisch ist (IX, Abb. 2, S. 15)
- die laterale Begrenzungslinie durch die maximale Konvexität der lateralen Kieferhöhlenwand bedingt ist (V, Abb. 2)
- die untere Begrenzungslinie durch den Rec. alveolaris bedingt ist.

Die Identität der Linea innominata (4, Abb. 3, S. 23) wurde ebenfalls mit einer Panex-Apparatur von KATAYAMA/OHBA/OGAWA

(42) als die weitest ventral gelegene, hintere Oberfläche des Processus zygomaticus nachgewiesen (VII, Abb. 2, S. 15). Diese Linie erscheint in Panorama-Schichtaufnahmen zwar ganz nahe der Grenze zwischen facialer und lateraler Kieferhöhlenwand (VIII, Abb. 2, S. 15), ist aber nicht mit dieser identisch (42).

Ursachen der Kieferhöhlenschatten im Orthopantomogramm

Schon PAATERO (79), aber auch viele andere Autoren nach ihm, beklagen die zahlreichen, mehr oder minder deutlichen Kieferhöhlenschatten im Orthopantomogramm, die die Klarheit des Bildes in wechselndem Maß beeinträchtigen (79, 37, 48 u.a.).

Aus Abbildung 3 ist zu entnehmen, daß zahlreiche anatomische Strukturen in der Kieferhöhlentransparenz deutlich erscheinen können, einige gerade wegen des tomographischen Effektes - weil sie nämlich in der Schicht liegen - andere trotz des tomographischen Effektes, weil z.B. ihre Längsachse etwa parallel zum Zentralstrahl verläuft. Letzteres gilt für den harten Gaumen bzw. knöchernen Nasenboden, der sich nach HIELSCHER (29) beiläufig der Spina nasalis anterior (4, Abb. 3, S. 23) als horizontal verlaufende, wechselnd intensive Schattenlinie (bisweilen Doppelkontur oder breites Verdichtungsband) abzeichnet und beiderseitig in die Transparenz des Sinus maxillaris reicht.

Nach JUNG (37) hat dieser Knochenschatten seine Wurzel, der Projektion entsprechend, in dem Übergang vom Nasenboden zur lateralen Nasenwand und ist wegen der paarigen Ausbildung des unteren Nasenganges meist in Form von zwei parallel verlaufenden, opaken Linien abgebildet. Dieser Schatten kann in ungünstigen Fällen, wenn z. B. Kieferhöhlenboden und Nasenboden auf annähernd gleichem Niveau liegen, die Diagnose von Veränderungen im Bereich des Antrumbodens unmöglich machen.

Neben diesem, in allen Orthopantomogrammen mehr oder minder stark auftretenden Schatten werden folgende anatomische Strukturen auch in der Kieferhöhlentransparenz abgebildet, jedoch vergleichsweise zart und nicht unbedingt immer einwandfrei zu identifizieren (Zahlen in Klammern entsprechen der Nummerierung in Abb. 3, S. 23):

- Zungenschatten (20)
- Velumschatten (19)
- F. und C. palatinus majus (16)
- Sulcus infraorbitalis (10)
- Sulcus lacrimalis (11)
- Orbitaanteile
- Linea innominata (4)
- Os zygomaticum (5)
- Teile des Proc. pterygoideus ossis sphenoidalis (2)
- manchmal Proc. muscularis mandibulae (15)
- Unterkieferwinkelknochen (er überlagert das laterale Drittel der Kieferhöhlengegenseite)

Abschließend möchte ich diejenigen Strukturen zusammenfassen, die in den Kieferhöhlenbereich hineinprojiziert werden und als diffuse Schatten transparenzmindernd wirken, ohne im einzelnen identifiziert werden zu können (in Klammern der jeweils betroffene Anteil der Antrumtransparenz)(19, 67):

- faciale Kieferhöhlenwand (etwa mediale 2/3)
- laterale Kieferhöhlenwand (etwa laterales 1/3)
- mediale Kieferhöhlenwand (annähernd gesamte Kieferhöhle)
- Nasenhöhlenwände (obere 2/3)
- Schädelbasisanteile, z.B. der filmfern gelegene Proc. mastoideus (oberes Kieferhöhlendrittel)

Um eine bessere Darstellung der Kieferhöhle in Panorama-Schichtaufnahme-Methoden zu erreichen, wurden von BLACKMAN (5) für den Rotagraphen und von PAATERO/NIEMINEN/TAMMISALO (80) sowie ALTONEN (2) für den Orthopantomographen Spezialprojektionen angegeben. Diese haben jedoch ebenso keine weite Verbreitung gefunden wie der Vorschlag von TAMMISALO

(100), die Nasennebenhöhlendiagnostik mithilfe von Simultanschicht-Orthopantomogrammen zu betreiben, bzw. die Empfehlung von VERGARA/GALLEGO (102), die Kieferhöhlenuntersuchung im Orthopantomogramm nach vorheriger Füllung mit Kontrastmitteln durchzuführen.

2.5. Diagnostische Verwertbarkeit von Panorama-Schichtaufnahmen in Bezug auf die Kieferhöhle und die Kieferhöhlenstandardprojektion

Die diagnostische Verwertbarkeit der Kieferhöhlendarstellung in Panorama-Schichtaufnahme-Methoden ist Gegenstand zahlreicher Veröffentlichungen. Die Autoren kommen dabei weitgehend übereinstimmend zu dem Schluß, daß die Kieferhöhlendiagnostik durch diese neuartige Projektion eine Bereicherung erfährt. Nur HIELSCHER (29) und PIHRT/THEUER/THEUERO (83) sind anderer Ansicht. HIELSCHER (29) meint: "Auch die Kieferhöhlendiagnostik hat durch dieses Untersuchungsverfahren keine Bereicherung erfahren, sofern davon abgesehen wird, daß die Ausmessungen des Sinus maxillaris in der dorso-ventralen Ausdehnung und die Lagebeziehung des Recessus alveolaris gegenüber den Wurzelspitzen recht zuverlässig beurteilbar zur Abbildung gelangen." PIHRT/THEUER/THEUERO (83) gelangen nach vergleichenden Untersuchungen von Kieferhöhlenveränderungen im Orthopantomogramm, in Standardprojektion und im Tomogramm zu der Ansicht, daß die Orthopantomographie für die Kieferhöhlendiagnostik nicht überzeugt und die Tomographie hier weit überlegen ist. Dennoch bemerken auch diese Autoren, daß sich z.B. eine Pyozele manchmal im Orthopantomogramm besser darstellt als in der Standardprojektion oder gar im Tomogramm und daß sich in einigen Fällen gezeigt hat, daß bei der Diagnose von besser begrenzten Teilen das Orthopantomogramm sowohl der Schicht- als auch der Standardkieferhöhlenaufnahme überlegen ist (83).

Viele andere Autoren dagegen vertreten die Meinung, daß zumindest in Teilbereichen der Kieferhöhlenröntgendiagnostik die Panorama-Schichtmethode sehr gute Dienste leistet. Hier sind vor allem jene Autoren wichtig, die durch vergleichende Untersuchungen zwischen Kieferhöhlenstandardaufnahmen und Panorama-Schichtaufnahmen zu dieser Ansicht gekommen sind wie JUNG (37, 39), MATTILA (57), SINIGAGLIA/MALAMAN/

RODIGHIERO (93), GREENBAUM/RAPPAPORT/GUNN (22), KISHKOVSKIJ/KOVACHEV/APRJATKINA (44), OHBA/KATAYAMA (66) und OHBA (65). Hierbei benutzten die beiden letztgenannten Autoren eine Panex-Röntgeneinrichtung und GREENBAUM/RAPPAPORT/GUNN (22) eine Panorex-Apparatur, während die übrigen Autoren mit dem Orthopantomographen arbeiteten. Eine Spezialtechnik wurde dabei nur von MATTILA (57) benutzt, der mithilfe von Stereo-Orthopantomogrammen arbeitete.

Nach diesen Untersuchungen sind aber offensichtlich nicht alle Kieferhöhlenveränderungen in Panorama-Schichtaufnahmen gleich gut diagnostizierbar. Zweckmäßigerweise werden daher folgende Kieferhöhlenröntgendiagnosen differenziert betrachtet:

- zystenähnliche Erscheinungen (Zysten, Polypen) und Begleitschatten
- Verschattungen infolge Sinusitis
- Tumoren
- sonstige Kieferhöhlenalterationen (Wurzelreste, retinierte Zähne, Fremdkörper etc.)

Zystenähnliche Erscheinungen und Begleitschatten

Zahlreiche Autoren berichten über die Diagnosemöglichkeit dieser Antrumveränderungen in Panorama-Schichtmethoden (79, 45, 37, 6, 56, 15, 10, 93, 34, 43, 49, 66, 44, 20, 68, 65). Vergleichende Untersuchungen zwischen Kieferhöhlenstandardaufnahmen und Panorama-Schichtaufnahmen wurden dabei von JUNG (37, 39), SINIGAGLIA/MALAMAN/RODIGHIERO (93), KISHKOVSKIJ/KOVACHEV/APRJATKINA (44), OHBA/KATAYAMA (66) und OHBA (65) angestellt. Außer OHBA/KATAYAMA (66) und OHBA (65), die mit dem Panex arbeiteten, benutzten die genannten Autoren dabei den Orthopantomographen als Panorama-Schichtgerät.

KISHKOVSKIJ/KOVACHEV/APRJATKINA (44) standen mit Röntgenaufnahmen von 331 Probanden in orthopantomographischer, tomographischer und p.a.c.e. Projektion ein großes Bildmaterial zur Verfügung. Die röntgenologische Diagnose wurde in 144 Fällen durch eine Kieferhöhlenpunktion und in 128 Fällen durch eine histologische Untersuchung nach operativem Eingriff untermauert. Von den 331 Probanden lag bei 242 Personen eine Kieferhöhlenerkrankung vor, wobei es sich in 103 Fällen um Zysten und zystenähnliche Erscheinungen handelte. Hiervon waren 35 odontgener Natur (28 radikuläre und 7 follikuläre Zysten) und 27 durch allergische Rhinosinusitis bedingt. In den übrigen Fällen handelte es sich um Schleimhautretentionszysten oder Schleimhautschwellungen in Zusammenhang mit Hyperplasie, Infiltration und Polyposis.

Die radikulären Zysten sind nach Meinung dieser Autoren im Orthopantomogramm an folgenden zwei Faktoren genau zu erkennen:

- an dem Defekt im Kieferknochen, in den die Wurzelspitze hineinragt
- an einer in der Regel vorhandenen dünnen, knöchernen Begrenzungslinie, die als Darstellung der stark deformierten, verdrängten unteren Kieferhöhlenwand zu verstehen ist.

Die Autoren schließen aus ihren Untersuchungen, daß es anhand eines Orthopantomogramms praktisch möglich ist, differentialdiagnostisch eine radikuläre Zyste von einer nichtodontogenen Zyste abzugrenzen (44).

Bei den allergischen Rhinosinusitiden und den echten Polyposen erscheint nach Ansicht von KISHKOVSKIJ/KOVACHEV/APRJATKINA (44) die Schleimhautschwellung deutlicher auf dem Orthopantomogramm als auf Kieferhöhlenstandaraufnahmen und zwar nicht nur in dem direkt betroffenen Bereich, sondern auch in den anderen Antrumanteilen. Letzteres sei für echte Zysten nicht charakteristisch, wodurch eine Präzisierung der Diagnose dahingehend möglich sei, ob es sich um eine Zyste oder um eine zystenähnliche Erscheinung handelt.

Die follikulären Zysten sind nach Meinung von KISHKOVSKIJ/ KOVACHEV/APRJATKINA (44) sowohl in Standarduntersuchungen als auch im Orthopantomogramm zu diagnostizieren, jedoch sei letzteres wegen der besseren Lagebeurteilung zweckmässiger.

JUNG (37) hatte in seiner Untersuchung von 164 Patienten gleichzeitig eine Panorex-Aufnahme und eine Kieferhöhlenstandardaufnahme zur Verfügung. Von den 164 Probanden wurde der Zustand der Kieferhöhle in 135 Fällen gleich beurteilt, wovon in 88 Fällen röntgenologisch kein Befund zu erheben war. In 29 Fällen konnte zwischen der Panorex- und der PACE-Aufnahme nur eine fragliche Übereinstimmung gefunden werden; hiervon waren 9 nur im Panorex und 20 nur in der post.-ant.-caud.-exzentr. Projektion deutlich sichtbar dargestellt. JUNG (37) berichtet näher, daß eine große Zyste, die sich im rückwärtigen Bereich des Antrums weit nach cranial vorwölbte, nur auf der Panorex-Aufnahme deutlich erfaßt wurde, während im PACE nur eine diffuse Verschattung erkennbar war. Ihre Ausdehnung nach buccal und nach medial ließ sich jedoch weder im Panorex noch im PACE darstellen (37).

MATTILA (57) untersuchte röntgenologisch insgesamt 84 Kieferhöhlen, wovon 35 keine röntgenologisch sichtbare Veränderung aufwiesen. In den übrigen 59 Kieferhöhlen war ein Befund sichtbar, der in 55 Fällen sowohl im Orthopantomogramm als auch in der Kieferhöhlenstandardprojektion erhoben werden konnte; in 4 Fällen erschien der Befund nur in einer der beiden Röntgenaufnahmetechniken und zwar handelte es sich dabei um 3 Hyperplasien, die nur im Orthopantomogramm sichtbar waren, während ein kleiner Polyp an der medialen Kieferhöhlenwand nur im PACE zur Darstellung kam. Letzteres ist nach Meinung des Autors darauf zurückzuführen, daß der Polyp senkrecht zur Richtung des Zentralstrahls bei der Orthopantomographie lag.

SINIGAGLIA/MALAMAN/RODIGHIERO (93) demonstrierten in ihrer Arbeit an Orthopantomogrammen und Kieferhöhlenstandardaufnahmen von insgesamt 8 Fällen, daß im Orthopantomogramm auch solche geringen Schleimhautveränderungen der Kieferhöhle sichtbar waren, die mit der Standardtechnik nicht dargestellt werden konnten bzw. hier topographisch weniger gut beurteilbar erschienen als im entsprechenden Orthopantomogramm.

IMMENKAMP (34) schreibt dagegen in einem Bericht über seine Erfahrungen mit dem Panorex:"Die Kieferhöhlenschleimhaut ist, wie ich immer wieder feststellen konnte, trotz der gut sichtbaren Umrisse der Kieferhöhlen auf der Panorama-Schichtaufnahme nicht zu beurteilen".

OHBA/KATAYAMA (66) untersuchten die Panex-Röntgenbilder von 411 Studenten und stellten in 32 Fällen zystenähnliche Kieferhöhlenveränderungen fest, die sich an der unteren, seitlichen oder medialen Kieferhöhlenwand befanden. An der anterioren und oberen Antrumwand wurden keine Veränderungen festgestellt. Bei 15 Personen dieser Untersuchung wurde zusätzlich eine Aufnahme nach Waters angefertigt. In drei Fällen waren dabei die im Panex diagnostizierten Veränderungen in der Kieferhöhlenstandardprojektion überhaupt nicht sichtbar.

Auch in einer späteren Arbeit zeigt OHBA (65), daß in der Kieferhöhle befindliche Zysten im Panex besser als in der Kieferhöhlenstandardprojektion dargestellt werden. Er führt diese Tatsache auf den Umstand zurück, daß die meisten Zysten in oder nahe dem Recessus alveolaris vorkommen, und dieser in Panorama-Schichtmethoden besser als in der Kieferhöhlenstandardprojektion dargestellt wird.

Verschattungen infolge von Sinusitis

Von JUNG (37), CHRISTEN/MEFFERT/CORNYN/TIECKE (10), LYON (53), LEHTINEN/ATTASALO (49), KISHKOVSKIJ/KOVACHEV/APRJATKINA (44), OHBA/KATAYAMA (66) und OHBA (65) liegen Angaben zur Diagnostik einer Sinusitis maxillaris anhand von Panorama-Schichtaufnahmen vor. Hiervon beziehen nur KISHKOVSKIJ/KOVACHEV/APRJATKINA (44) ihre Aussagen auf vergleichende Untersuchungen zwischen Orthopantomogrammen und Kieferhöhlenstandardprojektionen.

In der Untersuchung von KISHKOVSKIJ/KOVACHEV/APRJATKINA (44) handelte es sich bei 106 der insgesamt 331 Probanden um eine Sinusitis, wobei 52 odontogener Natur waren. Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, daß eine Differentialdiagnose zwischen odontogener und nicht-odontogener Sinusitis anhand von Nasennebenhöhlenroutineprojektionen nicht möglich ist, im Orthopantomogramm dagegen pathologische Veränderungen am Zahn bzw. Zahnhalteapparat sichtbar werden und daher in Fällen von Sinusitis mithilfe des Orthopantomogramms dentogene Ursachen gesehen bzw. ausgeschlossen werden können. Die Autoren machen jedoch keine Aussagen darüber, ob die Sinusitis selbst anhand eines Orthopantomogramms zu erkennen ist und, sofern dies der Fall sein sollte, als wie zuverlässig eine solche Aussage betrachtet werden kann (44).

JUNG (37) weist nämlich darauf hin, daß auch bei massiver Verschattung der Kieferhöhle infolge einer Mund-Antrum-Verbindung zwar die Kommunikationsöffnung zwischen Mund- und Kieferhöhle im Panorex sichtbar war, die im PACE diagnostizierte Verschattung dagegen "aus nicht sicher geklärten Gründen unsichtbar" blieb (37).

KARMIOL/WALSH/LOSCALZO (41) erwähnen, daß ein Dichteunterschied im Panorex zwischen linker und rechter Seite, also eine einseitige Verschattung der Kieferhöhle, nicht notwendigerweise eine Sinuspathologie anzeigt. Die Autoren er-

klären dieses mit anatomisch bedingten Asymmetrien, oder einer möglicherweise exzentrischen Kopflage während der Belichtung, wobei die linke und rechte Schädelhälfte dann nicht in derselben Ebene liegen.

LYON (53) läßt in seiner Untersuchung 3 Begutachter unabhängig voneinander 30 Panorex- und 30 Kieferhöhlenaufnahmen nach Waters daraufhin beurteilen, ob ihrer Meinung nach in der jeweiligen Aufnahme eine Sinusitis vorliegt oder nicht. Anhand der Panorex-Aufnahmen wurde die Diagnose in 81 % der Fälle richtig und anhand der Aufnahme nach Waters in 83 % der Fälle richtig gestellt. LYON (53) schlußfolgert aus diesem Ergebnis, daß eine Sinusitis im Panorex etwa genau so gut diagnostizierbar ist wie in der Kieferhöhlenstandardprojektion nach Waters.

In den Arbeiten von OHBA/KATAYAMA (66) und OHBA (65) sind dagegen die Autoren übereinstimmend der Meinung, daß entzündlich bedingte Verschattungen anhand einer Panex-Aufnahme weniger zuverlässig als durch eine Kieferhöhlenstandardaufnahme nach Waters zu beurteilen sind, weshalb letztere zur Diagnostik einer Sinusitis maxillaris als überlegen anzusehen sei.

Tumoren

Über die Darstellung von Tumoren in Panorama-Schichtaufnahme-Methoden berichten PAATERO (79), MATHIEU/BOUCHAYER/DIJON (56), DUMAS/MATHIEU/DIJON (15), GREENBAUM/RAPPAPORT/GUNN (22), HIROSE/TOKOSHIMA (32), RHOADES/SCOTT (86), KISHKOVSKIJ/KOVACHEV/APRJATKINA (44) und OHBA (65). Auch in diesem Zusammenhang arbeiteten nur KISHKOVSKIJ/KOVACHEV/APRJATKINA (44) gleichzeitig mit dem Orthopantomographen und der Kieferhöhlenstandardtechnik. Der Patientenanteil mit tumorartigen Erkrankungen umfaßte dabei 33 der insgesamt 331 Personen; bei 17 Patienten handelte es sich um bösartige Neu-

bildungen des Oberkiefers, bei 12 Personen um gutartige Geschwülste (3 Osteome, 2 Chondrome, 3 Hämangiome, 4 Fibrome); außerdem enthält diese Gruppe 4 Patienten mit fibröser Osteodysplasie. Nach Meinung der Autoren zeigten die Untersuchungsergebnisse, daß man im Orthopantomogramm deutlicher als auf den Routineaufnahmen den Geschwulstcharakter erkennen konnte, sofern sich die Veränderung im unteren Kieferhöhlenanteil befand. Besonders der expansiv verdrängende Charakter des gutartigen Tumors wurde im Orthopantomogramm anschaulicher als in Routineprojektionen dargestellt, vor allem dann, wenn er im Bereich der Alveolarbucht und hinteren Oberkieferwand auftrat. Bei bösartigen Tumoren sah man die differentialdiagnostisch wichtigen Kennzeichen der Destruktion. Die Darstellung der Tumoren in cranio-caudaler Richtung war dagegen nach Meinung dieser Autoren wegen des Verwischungseffektes in Panorama-Schichtaufnahmen schwierig und blieb daher besonders den tomographischen Methoden in a.p., p.a. und seitlicher Projektion vorbehalten. KISHKOVSKIJ/KOVACHEV/APRJATKINA (44) schlußfolgern anhand ihrer Untersuchungen, daß ein Orthopantomogramm dazu geeignet ist, den Ausgangsort, die Lage und die Ausdehnung eines Tumors zu bestimmen, sofern er sich in den unteren Kieferhöhlenanteilen befindet und diese Röntgentechnik außerdem eine Differentialdiagnose zwischen bösartiger Neubildung und gutartigem Tumor gestattet.

GREENBAUM/RAPPAPORT/GUNN (22) demonstrieren, daß ein Karzinom der Kieferhöhlenhinterwand im Panorex besser sichtbar wird als in den Kieferhöhlenstandardprojektionen nach Waters, submental und seitlich.

OHBA (65) zeigt anhand von 3 Fällen, daß Antrumkarzinome im Panex gut zu sehen sind, wenn sie an der posterioren Kieferhöhlenwand, am Kieferhöhlenboden oder an der medialen Antrumwand auftreten. Ein Hinweis auf Invasion der medialen Kieferhöhlenwand ist nach Meinung dieses Autors das einseitige Verschwinden des Nasenboden- bzw. Gaumenschattens.

In der Projektion nach Waters besser zu beurteilen sind nach OHBA (65) dagegen Karzinome der Infraorbitalregion, womit er zu demselben Ergebnis kommt wie KISHKOVSKIJ/KOVACHEV/APRJATKINA (44).

Sonstige Kieferhöhlenalterationen

Hinweise auf die diagnostische Verwertbarkeit eines Orthopantomogramms in Bezug auf Wurzelreste, retinierte Zähne und Fremdkörper in der Kieferhöhle findet man bei MATHIEU/BOUCHAYER/DIJON (56), DUMAS/MATHIEU/DIJON (15), SMITH/SOWRAY (94), CUSTOT (12), STRUPL (97) und GARCIAS/CHAUSSY/SAUTEYRON (20), wobei die Autoren übereinstimmend der Meinung sind, daß diese Veränderungen mittels eines Orthopantomogramms in der Kieferhöhle zu diagnostizieren sind.

3. Spezieller Teil

3.1. Material und Methode

Schädelmaterial

Für die experimentellen Untersuchungen wurden 3 mazerierte Schädel benutzt, die als Schädel I, II und III bezeichnet werden. Weder Herkunft, noch Geschlecht oder Alter dieser 3 Schädel sind näher bekannt.

Bei der Auswahl der Schädel wurde darauf geachtet, daß sie von möglichst unterschiedlicher Größe waren, so daß ihre Zahnbogenbreiten aus kieferorthopädischer Sicht ungefähr einem normalen, einem schmalen und einem breiten Zahnbogen entsprachen. Mittels kieferorthopädischer Meßpunkte wurden folgende Werte ermittelt (in Klammern sind jeweils die kieferorthopädischen Standardwerte für einen schmalen, einen normalen und einen breiten Zahnbogen angegeben (90)):

Schädel I (klein): Abstand 6:6 = 43 mm (schmal = 42)
Schädel II (mittel): Abstand 6:6 = 48 mm (normal = 49)
Schädel III (groß): Abstand 6:6 = 52 mm (breit = 56)

Um eine experimentelle Röntgenuntersuchung der Kieferhöhlen dieser 3 Schädel zu ermöglichen, wurden Kieferhöhlenfensterungen vorgenommen: die erste bei Schädel II in der Fossa canina der linken Seite. Dieser 12 x 12 mm große Defekt erschien sowohl im Orthopantomogramm als auch in der PACE-Aufnahme äußerst störend mitten in der Kieferhöhlentransparenz. Zur Klärung der Frage, ob ein solcher Defekt in einer der anderen Kieferhöhlenwände im Röntgenbild weniger auffallend erscheint wurde folgender Vorversuch unternommen: Vom Schädel I wurde jeweils ein Orthopantomogramm und eine PACE-Aufnahme angefertigt, nachdem einmal auf der orbitalen, einmal auf der facialen und einmal auf dem vorderen sowie

dem hinteren Abschnitt der lateralen Kieferhöhlenwand 4 Kugeln vom Durchmesser 4,45 mm derart mit Klebewachs befestigt worden waren, daß sie die Ecken eines Quadrates von ca. 1 cm Kantenlänge bildeten. Die resultierenden Röntgenbilder zeigten, daß die Kugeln auf der orbitalen Wand den interessierenden Alveolarbuchtbodenbereich am wenigsten beeinträchtigten (vgl. Abb. 5, 7, 8, S. 40f.). Schädel I und III erhielten daraufhin ein möglichst großes Fenster in der orbitalen Wand der linken und Schädel II in der der rechten Kieferhöhle. Die herausgefrästen Orbitawandanteile wurden mittels kaltpolymerisierendem Kunststoff so präpariert, daß sie dem entsprechenden Fenster wie ein Deckel aufgelegt werden konnten. Auf diese Weise konnte die ursprüngliche anatomische Situation für die Röntgenaufnahmen leicht weitgehend wiederhergestellt werden.

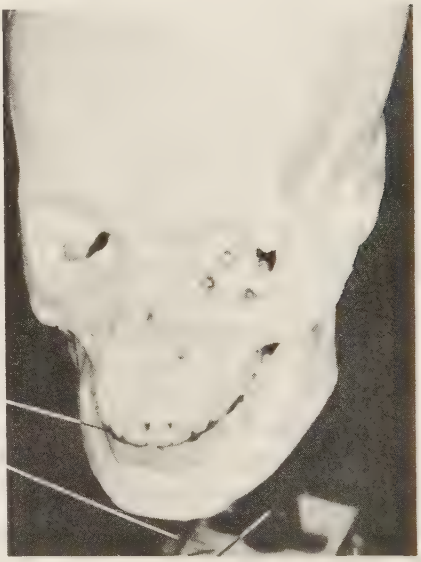
Durch die orbitalen Fenster hatte man einen sehr guten Einblick in die mittleren und dorsalen Alveolarbuchtanteile, während die anterioren nur indirekt mittels Mundspiegel zur Ansicht zu bringen waren. So sind in Abbildung 6 nur 4 der insgesamt 5 im laterobasalen Bereich des Kieferhöhlenbodens von Schädel I befestigten Metallteilchen zu sehen, weil die am weitesten ventral befestigte Kugel durch den vorderen, unteren, knöchernen Orbitarand verdeckt wird (vgl. Abb. 6, S. 40).

Die topographische Anatomie der Recc. alveolares konnte entweder durch Einsehen oder durch Diaphanoskopie ermittelt werden und ergab folgende Antrumbodenverhältnisse:

Schädel I: Länge: ca. 30 mm (ventr. Ende im Bereich über +45 approximal)
Breite: ca. 10 mm gleichmäßig von ant. bis post.
sagittaler Verlauf: ca. 4 mm hohe Stufe im Bereich über +6

Schädel II: Länge: ca. 30 mm (ventr. Ende im Bereich über 54+ approximal)
Breite: ventral ca. 7 mm, verjüngt sich vom Bereich über 76+ approximal an nach dorsal auf 2 mm
sagittaler Verlauf: ohne Stufe

Abb. 5:
Schädel I mit den 4 auf der orbitalen Kieferhöhlenwand befestigten Kugeln



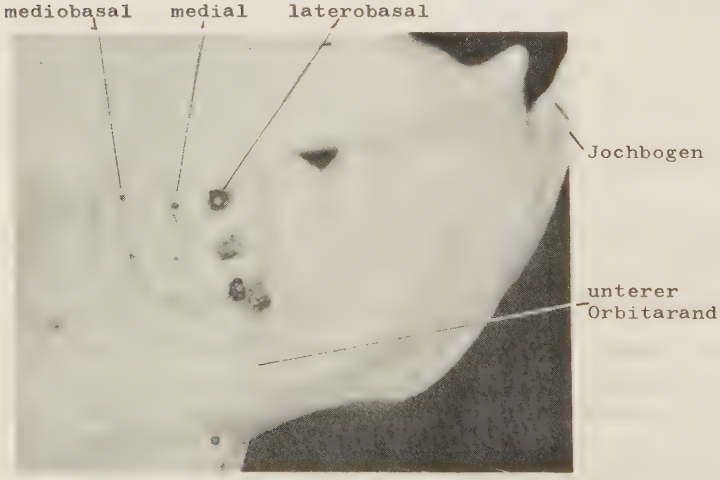


Abb. 6: Blick durch Orbitafenster auf den Alveolarbuchtboden von Schädel I. Metallteilchen im laterobasalen Alveolarbucht-Bodenbereich befestigt.

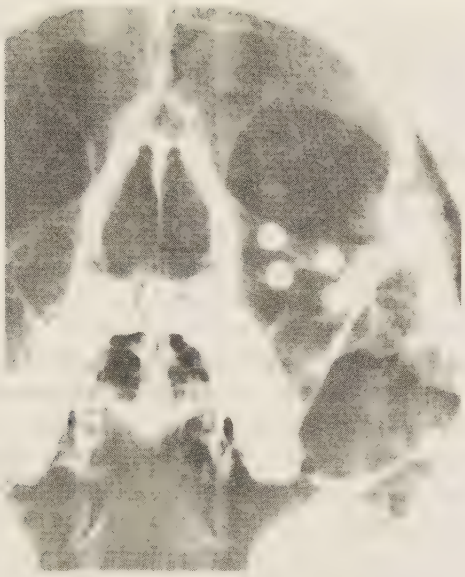


Abb. 7:
Ausschnitt aus der zu Abb. 5 gehörigen PACE-Aufnahme

Abb. 8:
Ausschnitt aus dem zu Abb. 5 gehörigen Orthopantomogramm

noch
Schädel II: Besonderheit: die post. Antrumwand dieses Schädels ist als einzige der vorliegenden 6 post. Kieferhöhlenwände nicht nach dorsal sondern nach ventral gewölbt und statt zart und dünn relativ dick und sklerotisch verändert

Schädel III: Länge: ca. 40 mm (ventr. Ende im Bereich über +4 mesial)
Breite: von dorsal bis zum Bereich über +5 gleichmäßig ca. 8 mm, dann 4 mm
sagittaler Verlauf: über dem Bereich von +5 steile, ca. 8 mm hohe Stufe

Zum Zweck der experimentellen Untersuchungen wurde der Kieferhöhlenbodenbereich jedes Schädels in sagittaler Richtung in 3 topographisch-anatomisch unterschiedliche Bereiche eingeteilt, die jeweils durch Bleistiftpunkte markiert wurden (vgl. Abb. 6, S. 40):

1. medialer Bereich des Recessus alveolaris
2. mediobasaler Bereich des Recessus alveolaris
3. laterobasaler Bereich des Recessus alveolaris

ad 1.: Hiermit ist ein linienförmiger Bereich gemeint, der in der Mitte der Alveolarbucht in ihrer gesamten Ausdehnung von anterior nach posterior verläuft

ad 2.: Hiermit ist derjenige linienförmige Bereich gemeint, der möglichst weit medial im Recessus alveolaris verläuft, d.h. am Übergang des Recessus alveolaris zur medialen Kieferhöhlenwand

ad 3.: Hiermit ist derjenige linienförmige Bereich gemeint, der möglichst weit lateral im Recessus alveolaris verläuft, d.h. im vorderen Anteil an seinem Übergang zur facialen und im hinteren Anteil zur lateralen Antrumwand

Die experimentelle Untersuchung bestand nun darin, entlang dieser 3 Linien abwechselnd hintereinander Bleikugeln mit 2 mm Durchmesser und Messingwürfel mit einer Kantenlänge von 2 mm im Abstand von ca. 5 mm mit Klebewachs zu befestigen. Von diesen in der Kieferhöhle einmal medial, einmal mediobasal und einmal laterobasal befestigten Teilchen

(vgl. Abb. 6, S. 40) wurde dann jeweils ein Orthopantomogramm und eine PACE-Aufnahme angefertigt. Die Darstellung der 3 Alveolarbuchtbodenbereiche wurde im Orthopantomogramm und in der entsprechenden PACE-Aufnahme durch Art und Anzahl der Darstellung dieser Teilchen miteinander verglichen.

Fixierung der Schädel für die Röntgenaufnahmen

Für die Röntgenaufnahmen wurden die Schädel mittels eines runden Hohlstabes aus Pertinax an der Basis eines Fotostativs befestigt (vgl. Abb. 5, S. 40). Der Stab hatte eine Länge von 30 cm, einen Außendurchmesser von 25 mm und einen Innendurchmesser von 10 mm; am unteren Ende war ein 6-mm-Innengewinde eingearbeitet. Die Wahl des Außendurchmessers war durch den kleinsten gemeinsamen Durchmesser der Ff. magna der Schädel begrenzt, weil der Stab durch selbige bis zum Anschlag an das Schädeldach eingeführt werden sollte. Der Stab wurde sowohl am Schädeldach als auch im Bereich des F. magnum mit weichbleibendem Kunststoff fixiert. In der Fotostativbasis befand sich ein T-Schlitz mit 4 mm Schlitzbreite und einem Durchmesser von 6 mm am Schnittpunkt. An dieser Stelle konnte nun mittels einer zum Innengewinde des Stabes passenden 6-mm-Schraube die feste Einheit aus Schädel und Stab beliebig häufig an- und abgeschraubt werden.

Die verwendeten Röntgengeräte

Als Röntgengeräte wurden benutzt: ein Orthopantomograph (Palomex OY) und ein CRT 7 (Elema Schönander). Die technischen Daten dieser Geräte sind der folgenden Tabelle 2 zu entnehmen, ebenso die klinischen und experimentellen Belichtungswerte.

	Orthopantomograph	CRT 7
Strahler	SR 90/15 Fi	Bi 125/30/50 R
Generator	Monodor P (Siemens)	Tridoros 5 S (Siemens)
Al-Filter	1,5 mm	2 mm
Filmsorte	Du Pont Cronex	Du Pont Cronex 2 S
Filmformat	15 x 30	13 x 18
Folie	Siemens Saphir	Siemens Saphir
Verarbeitung	Cronex T 4 (Automat)	Cronex T 4 (Automat)
Einblendung	--	Zusatztubus 45
Raster		Universalraster
Fokus-Film-Abst.		70 cm
Spannung	57-85 kv	35-125 kv
Stromstärke	15 mA (konstant)	2-1000 mAs
Zeit	14 Sek. (konstant)	0,01-5 sec
klinische Belichtungswerte	63-69 kv, 15 mA, 14 sec	70 kv, 100 mAs, 0,32 sec
experimentelle Belichtungswerte	72 kv, 15 mA, 14 sec + Zusatzfilter Palliag W 0,25 mm	43 kv, 64 mAs, 0,2 sec

Tab. 2: Technische Daten der Röntgengeräte sowie Angaben der klinisch und experimentell verwandten Belichtungswerte

Einstellung der Schädel für die Röntgenaufnahmen am Orthopantomographen

Damit bei Röntgenaufnahmen am Orthopantomographen auch die Frontzähne insgesamt in der scharf abzubildenden Schicht liegen, soll der Patient während der Belichtungszeit die Frontzähne auf Kopfbiß stellen. Diese Stellung wurde bei den Schädeln mittels einer individuell angefertigten, abnehmbaren Aufbißschiene aus kaltpolymerisierendem Kunststoff fixiert (vgl. Abb. 5, S. 40).

Der Kopf des Patienten soll so eingestellt werden, daß die Frankfurter Horizontale parallel zum Fußboden verläuft; diese Stellung wurde für jeden Schädel zunächst nach Augenmaß ermittelt, um dann mittels einer kleinen, an der Foto-

stativbasis befestigten Wasserwaage festgehalten zu werden.

In der Sagittalebene wurde darauf geachtet, daß von vorne gesehen die am Gerät eingezeichnete Kinnstützenmittellinie genau auf die Mitte zwischen 1+1 zeigte und daß sich, von hinten betrachtet, der Schädel zu beiden Seiten im gleichen Abstand zu den Kopfhaltern befand und die Sutura sagittalis in der Mitte verlief.

Einstellung der Schädel für die Röntgenaufnahmen am CRT 7

In der Literatur gibt es zahlreiche Angaben zu PACE-Projektionen, jedoch keine, die mit der in der Zahnklinik der FU Berlin geübten Technik identisch ist. Letztere sei daher kurz beschrieben:

- Patient sitzt
- Mund ist maximal geöffnet
- Kinn und Nase liegen der um 14° geneigten Objekttischplatte an
- der Zentralstrahl verläuft in der Mediansagittalebene unter einem vertikalen Winkel von 0° und ist auf die Oberkieferfrontzähne gerichtet, so daß die Frankfurter Horizontale etwa in einem Winkel von 39° zum Zentralstrahle verläuft, wobei der Winkel zwischen Frankfurter Horizontale und Objekttischplatte ca. 65° und der Winkel zwischen Zentralstrahl und Objekttischplatte ca. 76° beträgt.

Dementsprechend wurden die Schädel jeweils so eingestellt, daß die Frankfurter Horizontale einen Winkel von 65° zur Objekttischplatte bildete. Diese Position wurde dann wiederum durch eine kleine Wasserwaage festgehalten, die mit kaltpolymerisierendem, weichbleibendem Kunststoff auf der der ersten Wasserwaage gegenüberliegenden Seite an der Fotostativbasis befestigt wurde.

Da sich die Fixierung der weiten Mundöffnung am Schädel mittels Aufbischiene als schwierig erwies, wurde für die PACE-Aufnahmen auf den Unterkiefer ganz verzichtet.

Einstellung des Orthopantomographen für die Röntgenaufnahmen

Für Röntgenaufnahmen am Orthopantomographen können am Gerät selbst die Einstellung des Stativwagens, die Kinnstütze und die Aufnahmespannung individuell angepaßt werden. Außerdem gibt es an dem für diese Arbeit verwendeten Gerät zwei Möglichkeiten der Schichteinstellung, eine "N"-Stellung für die Darstellung der Zähne und Kiefer und eine "S"-Stellung, die je nach Lage der Kinnstütze eine spezielle Darstellung der Kieferhöhlen bzw. der Kiefergelenke ermöglicht.

Einstellungen zur "N"-Projektion

Die Einstellung des Stativwagens soll hierbei nach Herstellerangaben so bemessen werden, daß die Kinnstütze den unteren Rand der Unterlippe berührt; an den Schädeln wurde die Höhe des Stativwagens so gewählt, daß der obere Rand der Kinnstütze die mittleren Unterkieferincisivi etwa 10 mm unterhalb der Incisalkanten berührte.

Die Kinnstützeneinstellung kann anhand einer mm-Skala stufenlos geregelt werden. Im Routinebetrieb der Zahnklinik der FU Berlin wird sie für Erwachsene auf +10 mm und für Kinder auf + 5 mm eingestellt. Für den experimentellen Teil dieser Arbeit wurde die Kinnstützeneinstellung wegen der fehlenden Weichteile für jeden Schädel durch Probeaufnahmen individuell ermittelt und ergab unter der Berücksichtigung der optimalen Darstellung der Zähne und Kiefer folgende Werte: Schädel I und II + 3 mm, Schädel III + 2 mm.

Die Aufnahmespannung kann beim Orthopantomographen nur in dem Bereich von 57 - 85 kv variiert werden; bei 57 kv trat bei Schädelaufnahmen jedoch noch eine viel zu starke Schwärzung auf. Es wurde zunächst versucht, die Vorder- oder Rückfolie mit einem oder zwei hellen bzw. einem schwarzen Blatt Papier abzudecken. Die Resultate zeigten untereinander kaum

Unterschiede und waren zwar etwas heller, aber immer noch viel zu schwarz. Als nächstes wurden Vor- und Rückfolie gleichzeitig mittels Papier abgedeckt, was sich gänzlich als Fehlschlag erwies, denn das Ergebnis war ein viel zu helles, in den sonst homogen schwarzen Anteilen schwarz gesprenkeltes Bild. Das Abdecken der Folien wurde daraufhin unterlassen. Statt dessen wurde ein 0,25 mm dicker, 6 mm breiter und 60 mm langer Streifen aus Palliag-W-Blech als zusätzliches Filter vor der Primärblende am Monodor befestigt. Mithilfe dieses Blechstreifens wurden bei allen 3 Schädeln die besten Ergebnisse bei 72 kv erzielt.

Einstellungen zur "S"-Projektion

Die Kieferhöhlendarstellung in "S"-Projektion wurde nur an Schädel III untersucht, indem neben einer PACE-Aufnahme jeweils eine Orthopantomogramm in "N" und in "S"-Projektion angefertigt wurde.

Vom Hersteller werden folgende Einstellungen zur Kieferhöhlendarstellung in "S"-Projektion angegeben:

- Kinnstützenskala auf 35, 30 oder 25 mm
- Aufnahmespannung gegenüber "N" um 10 kv erhöhen
- Höhe des Stativwagens so einstellen, daß der obere Rand der Kinnstütze direkt unterhalb der Nase liegt
- Schichteinstellung und Kassette auf "S"

Für die Schädelaufnahmen wurde

- die Kinnstütze bei 25, 30, 35, 40 und 43 mm eingestellt, wobei die Metallteilchen sowohl im mediobasalen als auch im laterobasalen Kieferhöhlenbereich bei 40 mm am besten dargestellt wurden
- die Aufnahmespannung bei 72, 76, 80 und 85 kv getestet und bei 80 kv für optimal befunden
- die Höhe des Stativwagens während der ganzen Untersuchung bei 5 mm unter der Spina nasalis anterior gewählt.

Einstellungen am CRT 7 für die Röntgenaufnahmen

Die Aufnahmen an diesem Gerät wurden entsprechend der in der Zahnklinik der FU Berlin geübten Technik bei einer Objekttischneigung von 14° und einer Zentralstrahlneigung von 0° ausgeführt. Die Höhe des Doppelsäulenstativwagens wurde jeweils derart eingestellt, daß das auf der Objekttischplatte befindliche Zentrumkreuz im horizontalen Teil mit den Incisalkanten der oberen, mittleren Incisivi abschloß. In der Sagittalen wurde darauf geachtet, daß der vertikale Teil des Zentrumkreuzes in der Mitte zwischen 1+1 verlief. Ferner wurde die Sutura sagittalis des Schädels auf den sagittalen Teil des Lichtkreuzes eingestellt, da dieses den Einfall des Zentralstrahls markiert. Als optimale Belichtungswerte beim PACE ergaben sich aus Versuchsaufnahmen folgende Werte: 43 kv, 64 mAs, 0,2 sec.

Klinische Röntgenbilder

Zum Vergleich der experimentell gefundenen Ergebnisse mit klinischen Röntgenbildern wurden 87 Fälle herangezogen, in denen am selben Tag und Patienten ein Orthopantomogramm und eine PACE-Aufnahme in der Zahnklinik der FU Berlin angefertigt worden waren. Von den insgesamt 174 Aufnahmen wurden 2 im Jahr 1974, 10 im Jahr 1976, 160 im Jahr 1977 und 2 im Jahr 1978 angefertigt. Die Sammlung dieser Fälle beruhte zum einen darauf, daß alle im Zeitraum von Januar 1977 bis Januar 1978 aus dem Röntgenbuch ersichtlichen, in Frage kommenden Patienten systematisch erfaßt wurden, und die entsprechenden Röntgenaufnahmen, soweit sie bereits archiviert worden waren, ausgewertet wurden, zum anderen darauf, daß einige besonders im Zusammenhang mit dieser Arbeit interessanten Fälle gesammelt worden waren, wobei es sich um die Fälle aus den Jahren 1974 und 1976 handelt.

3.2. Experimentelle Röntgenaufnahmen

Darstellung des Kieferhöhlenbodens im Orthopantomogramm und in der PACE-Aufnahme

In den drei Schädeln wurden insgesamt 49 Metallteilchen am Antrumboden befestigt. Während im Orthopantomogramm alle 49 Metallteilchen und damit 100 % erfaßt wurden, konnten im PACE nur insgesamt 22 der 49 Teilchen, also nur 45 % gut dargestellt werden, 11 Teilchen (22 %) waren nur aufgrund der starken Strahlenabsorption des Materials in einem bereits stark verschatteten Bereich noch erkennbar, 16 Teilchen aber und damit 33 % erschienen überhaupt nicht im PACE, weil sie in den dichten Schatten des Oberkieferalveolarfortsatzes hineinprojiziert wurden.

Die in Abb. 9a und b, 10a und b und 11a und b dargestellten Skizzen sind das Ergebnis der Durchzeichnung von insgesamt 3 Röntgenaufnahmen jedes Schädels, wovon jeweils 1 nach Befestigung der Teilchen im mediobasalen (vgl. Abb. 9c und d), im medialen (vgl. Abb. 9 e und f) und im laterobasalen (vgl. Abb. 9g und h) Alveolarbuchtbodenbereich angefertigt worden war wie für Schädel I aus den Abb. 9 c-h zu ersehen ist.

In den Abb. 9 d, f und h wird deutlich, wie störend der Nasenboden- bzw. Gaumenschatten bei entsprechender anatomischer Situation die basalen Antrumtransparenzbereiche überlagern kann; hierbei muß jedoch betont werden, daß alle im Rahmen dieser Arbeit abgebildeten Röntgenaufnahmen in der Photoausführung kontrastärmer und unschärfer erscheinen als im Originalröntgenbild, was sicherlich durch das komplizierte phototechnische Reproduktionsverfahren bedingt ist. Von dieser Qualitätseinbuße waren die Orthopantomogramme insgesamt aber deutlich stärker betroffen als die PACE-Aufnahmen. Die zu den Abb. 9 d, f und h gehörenden Originalorthopantomogramme zeigten daher den Gaumenschatten zwar störend, sie

ermöglichten aber dennoch die Interpretation der Kieferhöhlenbodenverhältnisse was anhand von Abb. 9 d, f und h leider nicht mehr möglich ist.

Die Gesamtdarstellung der Metallteilchen im PACE ist somit für Schädel I aus Abb. 9 a, für Schädel II aus Abb. 10 a und für Schädel III aus Abb. 11 a zu ersehen, wobei die dargestellten Würfel und Kugeln markiert und die nicht dargestellten Teilchen in dem jeweiligen Bereich innerhalb des Alveolarfortsatzschattens unmarkiert angegeben werden.

Da im Orthopantomogramm sämtliche 49 Metallteilchen dargestellt wurden, wurd in Abb. 9 b, 10 b und 11 b auf die Angaben der einzelnen Kugeln und Würfel verzichtet, und, aus Gründen der besseren Übersicht, statt dessen der jeweilige Bereich eingezeichnet, in dem die Teilchen im Orthopantomogramm abgebildet wurden. In allen 6 Skizzen wurden dabei die mediobasalen Bereiche homogen schwarz, die medialen punktiert und die laterobasalen schraffiert markiert.

Aus Abb. 9 a ist zu ersehen, daß der Bereich des Rec. alveolaris bei dieser anatomischen Situation in vertikaler Richtung bis in die Mitte der Kieferhöhlentransparenz projiziert werden kann und auch in horizontaler Richtung fast die gesamte Breite der Kieferhöhlentransparenz einnehmen kann. Insgesamt wurden bei Schädel I 16 Teilchen eingelegt, von denen 6 überhaupt nicht im PACE sichtbar wurden. Von diesen 6 Teilchen erschien im Orthopantomogramm 1 im mediobasalen Anteil über dem Bereich des 1. Molaren und 2 über dem des 2. Molaren (vgl. Abb. 9 d), 2 im medialen Bereich über dem 2. und (fehlenden) 3. Molaren (vgl. Abb. 9 f) und 1 im laterobasalen Bereich über dem (fehlenden) 3. Molaren (vgl. Abb. 9 h), woraus zu ersehen ist, daß die Metallteilchen bei Schädel I um so eher im PACE noch dargestellt wurden, je weiter nach lateral sie im Kieferhöhlenbodenbereich befestigt worden waren.

Bei Abb. 10 a und b ist die besondere Situation der Alveolarbucht dieses Schädels II zu berücksichtigen, weil selbige

sich in ventro-dorsaler Richtung bis auf 2 mm zur Mitte verjüngte. Daher konnten bei diesem Schädel nur medial 5 Teilchen eingelegt werden, während mediobasal nur 4 und laterobasal sogar nur 3 Teilchen befestigt werden konnten. Es wurden bei Schädel II also insgesamt 12 Teilchen eingelegt, von denen 8 im PACE überhaupt nicht dargestellt wurden. Von diesen 8 Teilchen erschienen im Orthopantomogramm 3 im mediobasalen Anteil über dem 1. und 2. Molaren, 4 im medialen Bereich über dem 2. und 3. Molaren und 1 im laterobasalen Bereich über dem 3. Molaren. Wie bei Schädel I wurden die Teilchen also auch bei Schädel II um so eher noch dargestellt, je weiter lateral sie im Kieferhöhlen-Bodenbereich befestigt worden waren.

Aus Abb. 11 a ist zu ersehen, daß in der PACE-Aufnahme von Schädel III nur 2 der insgesamt 21 befestigten Metallteilchen überhaupt nicht sichtbar waren. Diese wurden im Orthopantomogramm im Bereich über dem 3. Molaren dargestellt. Daß bei Schädel III so zahlreiche Teilchen erkennbar waren liegt an der Tatsache, daß die basalen Anteile der Antrumtransparenz zwar stark aber nicht homogen wie bei Schädel I und II verschattet waren, so daß die Metallteilchen aufgrund ihrer starken Strahlenabsorption innerhalb des des bereits stark verschatteten und in Abb. 11 a gestrichelt markierten Antrumbereichs noch identifiziert werden konnten. Auf diese Weise werden die Projektionsverhältnisse des Alveolarbucht-Bodenbereichs von Schädel III als einzigem der 3 Schädel weitgehend dargestellt. Hierbei wird eine außerordentlich starke Ineinanderprojektion der Kugeln und Würfel besonders in den medialen und laterobasalen Alveolarbuchtbereichen dieses Schädels sichtbar, woraus hervorgeht, daß die dorsalen Alveolarbuchtbereiche mit ihrer Längsachse annähernd parallel zum Zentralstrahl in der PACE-Projektion verlaufen bzw. die dorsalen Alveolarbuchtbereiche nicht derart schräg durchstrahlt werden, wie es bei Schädel I für die weiter ventral befestigten Teilchen der Fall war.

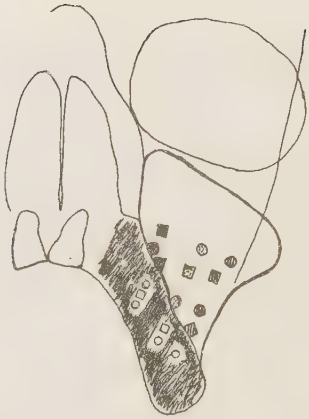


Abb. 9 a:
Schädel I, Darstellung der Metallteilchen im PACE

mediobasaler KH-Bodenbereich
medialer KH-Bodenbereich
laterobasaler KH-Bodenbereich
homogen verschatteter Bereich

Abb. 9 b:
Schädel I, Darstellung der Metallteilchenbereiche im Orthopantomogramm

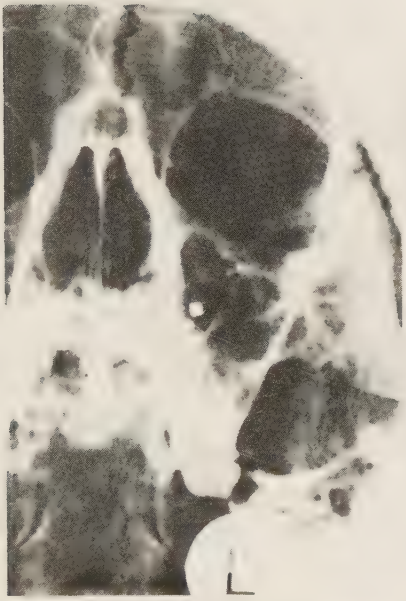


Abb. 9 c:
Ausschnitt aus der PACE-Aufnahme bei Befestigung der Metallteilchen im mediobasalen Bodenbereich der linken Kieferhöhle von Schädel I

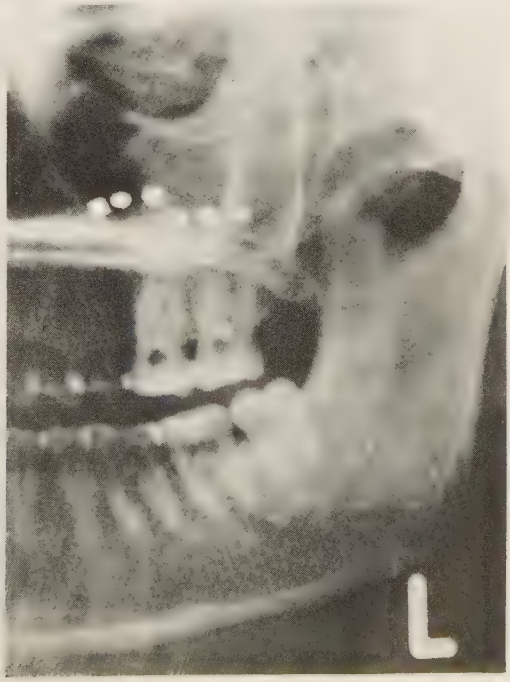


Abb. 9 d:
Ausschnitt aus dem zu Abb. 9 c gehörigen Orthopantomogramm

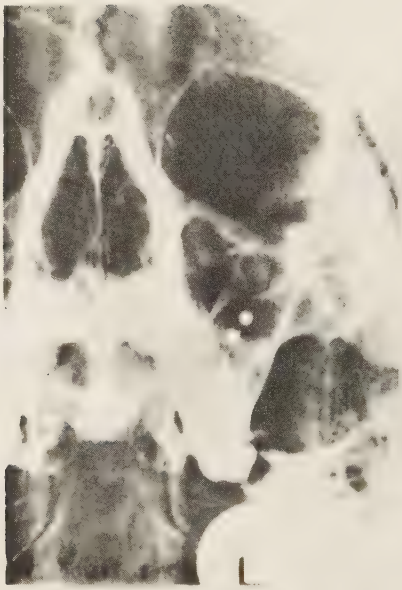


Abb. 9 e:
Ausschnitt aus der PACE-Aufnahme bei Befestigung der Metallteilchen im medialen Bodenbereich der linken Kieferhöhle von Schädel I

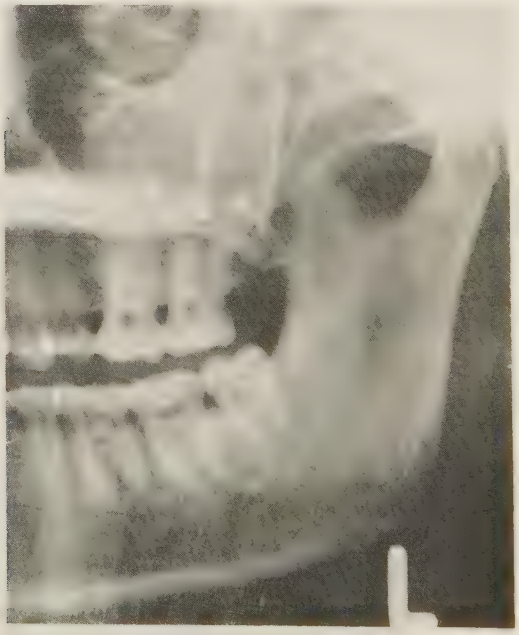


Abb. 9 f:
Ausschnitt aus dem zu Abb. 9 e gehörigen Orthopantomogramm

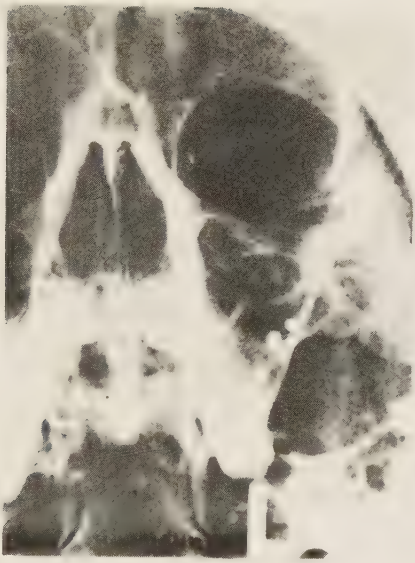


Abb. 9 g:
Ausschnitt aus der PACE-Aufnahme bei Befestigung der Metallteilchen im laterobasalen Bodenbereich der linken Kieferhöhle von Schädel I

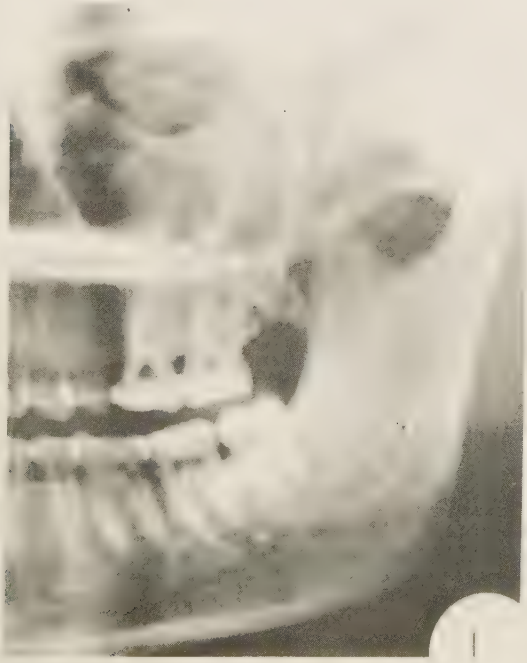


Abb. 9 h:
Ausschnitt aus dem zu Abb. 9 g gehörigen Orthopantomogramm

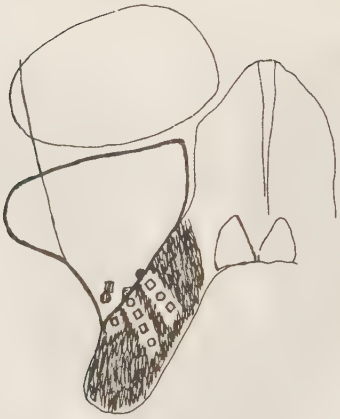


Abb. 10 a:
Schädel II, Darstellung der Metallteilchen im PACE

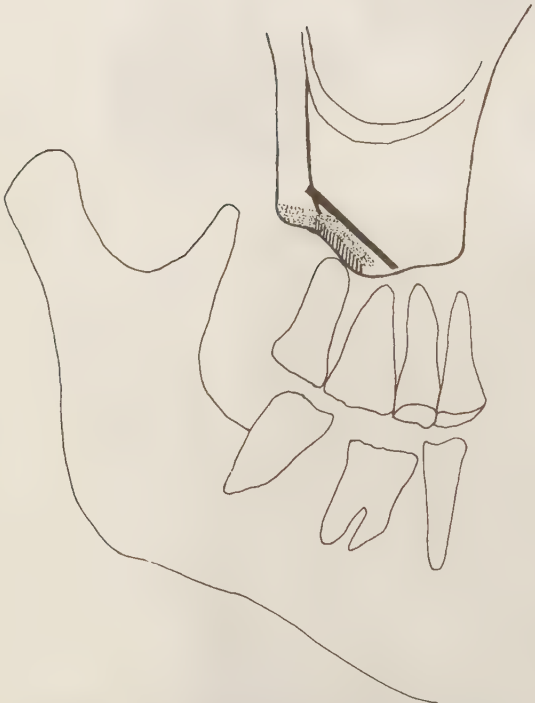


Abb. 10 b:
Schädel II, Darstellung der Metallteilchenbereiche im Orthopantomogramm

Abb. 11 a:
Schädel III, Darstellung der Metallteilchen im PACE

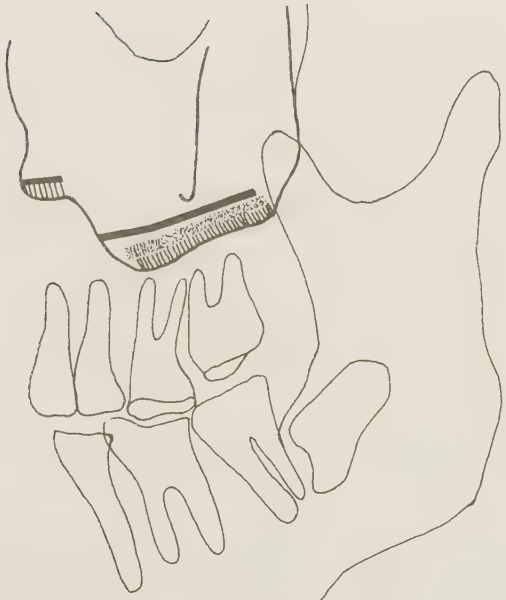


Abb. 11 b:
Schädel III, Darstellung der Metallteilchenbereiche im Orthopantomogramm

mediobasaler KH-Bodenbereich
medialer KH-Bodenbereich
laterobasaler KH-Bodenbereich
stark verschatteter Bereich
homogen verschatteter Bereich

Darstellung des Kieferhöhlenbodens in seiner medio-lateralen Ausdehnung

In Abb. 9 a, 10 a und 11 a werden die drei Alveolarbuchtbodenbereiche nebeneinander dargestellt und zwar um so weiter voneinander entfernt, je breiter der Alveolarbuchtboden des Schädels ist. Die am nächsten zur Schädelmedianebene liegende vertikale Teilchenreihe ist dabei mit den im mediobasalen Kieferhöhlenbodenanteil befestigten Teilchen identisch, die mittlere Reihe mit den medial und die seiliche Reihe mit den laterobasal befestigten Teilchen. Dies ist dadurch bedingt, daß die Alveolarbucht bei der PACE-Projektion mit ihrer Längsachse in der Richtung des Zentralstrahls liegt.

Aus Abb. 9 b, 10 b und 11 b ist zu ersehen, daß die 3 Alveolarbuchtbereiche im Orthopantomogramm dagegen übereinander und teilweise auch ineinander projiziert werden. Die untere Begrenzung der Kieferhöhlentransparenz wird in allen 3 Fällen durch laterale Kieferhöhlenbodenanteile bedingt. Entsprechend der transversalen und leicht caudal exzentrischen Projektion wird der mediale Kieferhöhlenbodenbereich etwas und der mediobasale Bereich als am weitesten vom Film entfernt gelegener Kieferhöhlenbodenanteil am stärksten nach kranial verschoben abgebildet. Letzterer erscheint daher ca. 0,5-1 cm oberhalb der unteren Kieferhöhlenbegrenzungslinie im Orthopantomogramm. In den Abb. 9 b, 10 b und 11 b ist außerdem zu beobachten, daß die medialen und besonders die mediobasalen Bereiche gegenüber den laterobasalen nach ventral wandern. Diese Tatsache beruht zum einen auf der anatomischen Situation, wobei die anteriore und posteriore Grenze des mediobasalen Bereichs in Relation zur Mediansagittalebene weiter ventral liegen als die korrespondierenden Grenzen des laterobasalen Bereichs; zum anderen darauf, daß, wie aus Abb. 4 (S. 20) zu ersehen ist, die Alveolarbucht derart exzentrisch aufgenommen wird, daß die am weitesten vom Film entfernt gelegenen (mediobasalen) Anteile am stärksten nach mesial wandern.

Bei dem Vergleich der Abb. 9 a, 10 a und 11 a mit den Abb. 9 b, 10 b und 11 b ist bezüglich der Darstellung des Alveolarbucht-Bodenbereichs in medio-lateraler Richtung folgendes festzustellen:

- im Orthopantomogramm wird die untere Kieferhöhlenbegrenzungslinie durch laterobasale Alveolarbucht-Bodenanteile bedingt während die mediobasale Grenze des Rec. alveolaris in die Kieferhöhlentransparenz projiziert wird und im Röntgenbild nicht erkennbar ist
- im PACE wird weder die mediobasale noch die laterobasale Kieferhöhlenbegrenzung im Röntgenbild erkennbar dargestellt.

An dieser Stelle sei auch erwähnt, daß die Schärfe der Abzeichnung in den Orthopantomogrammen aller 3 Schädel tendenziell von mediobasal nach laterobasal zunahm. Der Schärfeunterschied war jedoch so gering, daß er nur innerhalb der verschiedenen Alveolarbucht-Bodenbereiche desselben Schädels festgestellt werden konnte. Am deutlichsten war der Schärfeunterschied bei Schädel III feststellbar. Aus Abb. 12 und 13 sind die Darstellung der Teilchen im mediobasalen und laterobasalen Bereich dieses Schädels zu ersehen. Hieraus geht hervor, daß auch bei diesem Schädel mit dem relativ großen Schärfeverlust von lateral nach medial keines der Metallteilchen so unscharf wiedergegeben wird, daß man es als verwischt hätte bezeichnen können. Sämtliche 49 Metallteilchen lagen somit beim Orthopantomographen noch im Bereich der scharf abzubildenden Schicht.

Darstellung des Kieferhöhlenbodens in seiner ventro-dorsalen Ausdehnung

In den Abb. 9 a, 10 a und 11 a entsprechen die am weitesten kranial abgebildeten Teilchen jeweils denen, die am weitesten ventral am Boden des Recessus alveolaris befestigt worden waren. Die Reihenfolge der Abbildung der Würfel und Kugeln stimmt dabei von kranial nach kaudal in allen drei Skizzen mit der Reihenfolge ihrer Befestigung am Alveolarbuchtboden

von ventral nach dorsal überein, d.h., daß jede vertikale Teilchenreihe in den Abb. 9 a, 10 a und 11 a von kranial nach kaudal den Kieferhöhlenboden in seinem ventro-dorsalen Verlauf wiedergibt. Aus den Abb. 9 a, 10 a und 11 a ist somit zu ersehen, daß in der PACE-Projektion die ventro-dorsale Ausdehnung der Alveolarbucht in keinem Fall vollständig erfaßt wurde, und daß die anatomischen Verhältnisse in verkürzter und verzerrter Form wiedergegeben werden. Letzteres ist an den unregelmäßigen Abständen zwischen den Teilchen innerhalb einer vertikalen Reihe leicht zu erkennen.

Aus den Abb. 9 d, f, h, 12 und 13 ist zu ersehen, daß die Metallteilchen in der orthopantomographischen Projektion dagegen in sehr regelmäßigen Abständen hintereinander abgebildet wurden. Daraus ist zu erkennen, daß die Kieferhöhle in ihrem dorso-ventralen Ausmaß zwar insgesamt verbreitert wiedergegeben wird, daß diese Verbreiterung aber für alle Anteile im dorso-ventralen Verlauf des Recessus alveolaris so weitgehend gleichmäßig ist, daß nicht gleichzeitig von einer Verzerrung gesprochen werden kann.

Aus Tabelle 3 geht nun hervor, in welchem der 3 Alveolarbucht-Bodenbereiche sich diejenigen Teilchen befanden, die im PACE gut (+), nur aufgrund ihrer metallischen Dichte (o) oder gar nicht (-) abgebildet wurden. Aus dieser Tabelle ist zu ersehen, daß bei jedem Schädel im laterobasalen Bereich die meisten Teilchen (+) dargestellt wurden, d.h., daß im PACE laterale Alveolarbuchtbereiche besser als weiter medial gelegene erfaßt wurden.

Aus Tabelle 4 ist zu ersehen, über welchem Bereich des Zahnsystems diejenigen Teilchen im Orthopantomogramm erschienen, die im PACE gut (+), nur aufgrund der metallischen Dichte (o) oder gar nicht (-) abgebildet wurden. Hierbei umfaßt der "Bereich des 3. Molaren" den gesamten Kieferhöhlenbodenabschnitt, der dorsal der distalen Zahnfläche des 2. Molaren im Orthopantomogramm abgebildet wurde. In der zweiten Spalte der Tabelle

		Summe	Darstellung im PACE		
			+	o	-
Schädel I	mediobasal	6	3	-	3
	medial	5	3	-	2
	laterobasal	5	4	-	1
Schädel II	mediobasal	4	1	-	3
	medial	5	1	-	4
	laterobasal	3	2	-	1
Schädel III	mediobasal	7	3	4	-
	medial	6	-	6	-
	laterobasal	8	5	1	2
		49 (100%)	22 (45%)	11	16 (33%)

Tab. 3: Darstellung der Teilchen im PACE innerhalb der 3 Alveolarbucht-Bodenbereiche
+ gut dargestellt
o nur aufgrund der metallischen Dichte dargestellt
- gar nicht dargestellt

Antrumboden-bereich über	Summe	Darstellung im PACE				
		+	%	o	-	%
1. Prämolar	4	4	100	-	-	0
2. Prämolar	2	2	100	-	-	0
1. Molar	14	9	64	3	2	14
2. Molar	20	7	35	5	8	40
3. Molar	9	-	0	3	6	67
	49 (100%)	22 (45%)		11 (22%)	16 (33%)	

Tab. 4: Topographische Beziehung der +, o oder - dargestellten Teilchen zum Zahnsystem im Orthopantomogramm

4 werden die insgesamt in dem jeweiligen Zahnbereich im Orthopantomogramm dargestellten Metallteilchen aufgeführt, woraus jeweils der prozentuale Anteil der im PACE + und - dargestellten Teilchen aus Spalte 3 zu ersehen ist. Aus Tabelle 4 geht hervor, daß der prozentuale Anteil der gut (+) dargestellten Teilchen vom Bereich des 1. Molaren ab nach posterior immer mehr abnimmt, während der Anteil der gar nicht (-) dargestellten gleichzeitig zunimmt; d.h., daß die Teilchen im PACE um so eher sichtbar wurden, je weiter vorn sie am Alveolarbuchtboden angebracht worden waren.

Darstellung des Kieferhöhlenbodens im "S"-Orthopantomogramm

Die Darstellung der Metallteilchen im "S"-Orthopantomogramm ist aus Abbildung 14 zu ersehen, wobei hier die Metallteilchen im laterobasalen Bereich des Recessus alveolaris befestigt worden waren und daher der in Abb. 13 wiedergegebenen "N"-Aufnahme entsprechen.

Bei Schädel III gelang die Darstellung der Metallteilchen im laterobasalen und mediobasalen Kieferhöhlenbodenbereich gleichzeitig mithilfe der "S"-Projektion am besten bei einer Kinnstützeneinstellung auf 40 mm und 80 kv.

Bei der "S"-Projektion erschien die Kieferhöhle wegen der höheren kv-Zahl dunkler, transparenter und damit klarer. Sie wurde hierbei weniger breit als in der "N"-Projektion dargestellt. Der bei diesem Schädel in der "N"-Projektion in den lateralen Kieferhöhlenbereich projizierte Processus muscularis mandibulae wurde bei der "S"-Projektion außerhalb des Kieferhöhlenbereichs abgebildet (vgl. Abb. 12, 13, 14).

Während die Kieferhöhlenbegrenzung bei der "N"-Aufnahme dieses Schädels im oberen Anteil nicht ganz erfaßt werden konnte, wurde sie in der "S"-Aufnahme neben der gesamten Orbita und einem Teil der Stirnhöhlen vollständig dargestellt. Im

Abb. 12:
Ausschnitt aus dem "N"-Orthopantomogramm bei Befestigung der Metallteilchen im mediobasalen Bereich der linken Kieferhöhle von Schädel III (zusätzlich 1 Würfel im laterobasalen Bereich)

Abb. 13:
Ausschnitt aus dem "N"-Orthopantomogramm bei Befestigung der Metallteilchen im laterobasalen Bodenbereich der linken Kieferhöhle von Schädel III

Abb. 14: Ausschnitt aus dem zu Abb. 13 gehörigen "S"-Orthopantomogramm

übrigen wurde die Kieferhöhlenbegrenzungslinie in beiden Projektionen in allen Bereichen scharf dargestellt.

Die Metallteilchen erschienen in der "S"-Projektion weniger stark vergrößert als in der "N"-Projektion. Da der Kontrast in der "S"-Aufnahme größer war als in der "N"-Aufnahme, wurden die Metallteilchen in der ersteren scheinbar deutlicher dargestellt, die Schärfe der Darstellung war aber in beiden Projektionen etwa gleich. Die Lage der Kugeln und Würfel zueinander und zu den Antrumbegrenzungslinien zeigte, daß die "S"-Projektion für den Alveolarbuchtbodenbereich keine "neue" Projektion darstellt, aber die ventro-dorsale Kieferhöhlenausdehnung weniger stark verbreitert und somit realitätsgetreuer als die "N"-Projektion darstellt.

Zusammenfassend hat sich für die Darstellung der Kieferhöhlenbodenbucht im PACE und im Orthopantomogramm folgendes ergeben:

- Im Orthopantomogramm wurde bei allen drei Schädeln der gesamte Alveolarbucht-Bodenbereich erfaßt.
- Im PACE wurde bei keinem der drei Schädel der gesamte Alveolarbucht-Bodenbereich dargestellt. Mit insgesamt 16 der 49 Metallteilchen wurden durchschnittlich 33 % nicht erfaßt. Diese nicht dargestellten Würfel und Kugeln befanden sich durchweg in denjenigen Alveolarbuchtbereichen, die im Orthopantomogramm im Bereich über dem 1. Molaren oder weiter dorsal dargestellt wurden. Tendenziell wurden die Teilchen im PACE um so eher sichtbar, je weiter vorn und lateral sie am Alveolarbuchtboden befestigt worden waren.
- Die untere Begrenzung der Kieferhöhlentransparenz im Orthopantomogramm wurde durch laterobasale Alveolarbuchtanteile bedingt; die mediobasalen Anteile wurden etwa 0,5-1 cm oberhalb der unteren Begrenzungslinie in die Kieferhöhlentransparenz projiziert und waren ohne eingelegte Metallteilchen röntgenologisch nicht identifizierbar.
- Im PACE dagegen war keine der anatomischen Alveolarbuchtgrenzen ohne eingelegte Metallteilchen röntgenologisch identifizierbar. Das Erscheinungsbild des Recessus alveo-

laris innerhalb der Antrumtransparenz war von Schädel zu Schädel sehr unterschiedlich.

- Im Orthopantomogramm wurden die Metallteilchen in ventro-dorsaler Richtung einwandfrei und in regelmäßigen Abständen dargestellt, während sie in medio-lateraler Richtung teilweise ineinanderprojiziert wurden.
- Im PACE dagegen wurden die Metallteilchen in medio-lateraler Richtung weitgehend einwandfrei nebeneinander dargestellt während sie in dorso-ventraler Richtung teilweise stark ineinanderprojiziert wurden.
- Im Orthopantomogramm wurde der Alveolarbuchtbereich in seiner dorso-ventralen Ausdehnung gleichmäßig verbreitert dargestellt.
- Im PACE wurde der Alveolarbuchtbereich in dorso-ventraler Richtung verkürzt dargestellt.
- Im Orthopantomogramm nahm die Darstellungsschärfe der Metallteilchen von mediobasal nach laterobasal tendenziell zu; der gesamte Alveolarbucht-Bodenbereich lag aber noch in der scharf abzubildenden Schicht.
- Die Kieferhöhlendarstellung in "S"-Projektion wies zur "N"-Projektion folgende Unterschiede auf:
  - auch die obere Kieferhöhlenbegrenzung wurde noch erfaßt
  - der Processus muscularis mandibulae wurde nicht mehr in die laterale Kieferhöhlentransparenz projiziert
  - geringere Verbreiterung
  - stärkerer Kontrast

  Bezüglich der Schärfe und der Darstellung der Alveolarbuchtbodenverhältnisse zeigten "N"- und "S"-Projektion sehr ähnliche Ergebnisse.

3.3. Klinische Röntgenaufnahmen

Anhand von 87 "N"-Orthopantomogrammen und 87 PACE-Aunahmen derselben Patienten konnten insgesamt 174 Kieferhöhlen röntgenologisch untersucht werden. In einigen Fällen war auch die klinische Diagnose bekannt, in der Mehrzahl der Fälle standen aber nur die Röntgenbilder zur Verfügung. Von den 174 Kieferhöhlen waren 130 (75%) in beiden Aufnahmen röntgenologisch o.B., die übrigen 44 Kieferhöhlen wiesen 45 pathologische Veränderungen auf, wobei mit 24 Befunden auf der linken und 21 Befunden auf der rechten Seite beide Kieferhöhlen etwa gleich häufig betroffen waren. Von den 45 pathologischen Veränderungen konnten 16 (36 %) im Orthopantomogramm und in der PACE-Aufnahme übereinstimmend diagnostiziert werden, in 26 (58 %) Fällen wurde der Befund in einer der beiden Aufnahmen überhaupt nicht sichtbar und in 3 Fällen wurde der Befund in einer Aufnahme gut und in der anderen nur fraglich sichtbar. Insgesamt wurden demnach 146 Kieferhöhlen (84 %) anhand von Orthopantomogramm und PACE-Aufnahme übereinstimmend beurteilt.

Die pathologischen Veränderungen wurden in folgende Gruppen unterteilt:

- zystenähnliche Veränderungen
- Verschattungen (total, partiell)
- Begleitschatten
- hoch verlagerte Weisheitszähne
- Fremdkörper
- Wurzelreste

Von den 45 Befunden waren 23 zystenähnliche Veränderungen (51 %), 13 Verschattungen (29 %), 3 Begleitschatten, 2 hoch verlagerte Weisheitszähne, 2 Fremdkörper und 2 Wurzelreste. Die ersten beiden Gruppen stellten dabei mit insgesamt 80 % den weitaus größten Anteil der röntgenologischen Befunde.

Röntgendiagnose	Fälle	OPTG +	PACE +	OPTG ?	PACE ?	OPTG -	PACE -
zystenähnliche Veränderung	23	23	11	0	0	0	12
Verschattung	13	4	12	2	0	7	1
Begleitschatten	3	1	3	0	0	2	0
hoch verlagerter Weisheitszahn	2	2	1	0	1	0	0
Fremdkörper	2	2	0	0	0	0	2
Wurzelrest	2	2	0	0	0	0	2
	45 (100%)	34 (76%)	27 (60%)	2	1	9 (20%)	17 (38%)

Tab. 5: Häufigkeitsverteilung der Röntgenbefunde und ihre Diagnostizierbarkeit im Orthopantomogramm und im PACE
+ Befund einwandfrei dargestellt
? Befund nur andeutungsweise dargestellt
- Befund gar nicht dargestellt

In Tabelle 5 ist aufgeführt, in welcher der beiden Aufnahmen die Befunde sicher (+), fraglich (?) oder gar nicht (-) erhoben werden konnten. Die Diagnostizierbarkeit des Befundes wurde unter OPTG + eingestuft, wenn er im Orthopantomogramm eindeutig zu erheben war, bzw. unter PACE +, wenn er im PACE eindeutig dargestellt wurde; die Diagnostizierbarkeit des Befundes wurde unter OPTG - eingestuft, wenn er im Orthopantomogramm überhaupt nicht, d.h. auch nach Kenntnisnahme des Befundes in der PACE-Aufnahme im korrespondierenden Orthopantomogramm noch nicht erkenntlich war; entsprechend wurde bei umgekehrtem Verhältnis die Diagnostizierbarkeit des Befundes unter PACE - eingestuft; unter OPTG ? bzw. PACE ? wurde die Diagnostizierbarkeit der Befunde in den Fällen aufgeführt, in denen sie

nach Kenntnisnahme der im korrespondierenden Röntgenbild eindeutig (+) dargestellten Befunde auch in dieser zweiten Projektion andeutungsweise zu erkennen waren.

Aus Tabelle 5 ist zu ersehen, daß insgesamt 34 der 45 Befunde, also 76 % aller pathologischen Veränderungen im Orthopantomogramm eindeutig dargestellt wurden, während im PACE 27 und damit 60 % zweifelsfrei zu erkennen waren. Gleichzeitig wurden im Orthopantomogramm insgesamt 9 und damit 20 % und im PACE 17 und damit 38 % der Befunde überhaupt nicht dargestellt.

Aus Tabelle 5 geht weiter hervor, daß im Orthopantomogramm alle 23 zystenähnlichen Veränderungen röntgenologisch dargestellt wurden, während im PACE nur 11 (48 %) davon diagnostiziert werden konnten und die übrigen 12 und damit über die Hälfte der im Orthopantomogramm diagnostizierten zystenähnlichen Veränderungen in der PACE-Aufnahme auch nicht einmal andeutungsweise zu erkennen waren.

Bei den Verschattungen dagegen verhielt es sich umgekehrt. Während im PACE von 13 Verschattungen 12 diagnostiziert werden konnten, war dieser Befund im Orthopantomogramm nur in 4 Fällen (33 %) eindeutig zu erheben, in 2 Fällen war er im Orthopantomogramm noch andeutungsweise erkennbar, in 7 Fällen (54 %) aber konnte im Orthopantomogramm auch nicht der geringste Hinweis auf eine Verschattung der Kieferhöhle gefunden werden.

Von den übrigen 4 Befundgruppen wurden die Fremdkörper und die Wurzelreste nur im Orthopantomogramm dargestellt, während der Befund anhand der PACE-Aufnahme in keinem Fall erhoben werden konnte. Die hoch verlagerten Weisheitszähne waren im Orthopantomogramm beide gut dargestellt, während sie im PACE einmal gut und einmal fraglich zu erkennen waren. Die 3 Begleitschattenbefunde wurden dagegen alle im PACE gut dargestellt, während im Orthopantomogramm der Be-

fund nur einmal eindeutig und in 2 Fällen überhaupt nicht identifizierbar war.

Zystenähnliche Veränderungen

Von den 23 zystenähnlichen Veränderungen standen nur 2 im Röntgenbild mit dem Zahnsystem überhaupt nicht in topographischer Beziehung: einer dieser beiden Befunde war an der Kieferhöhlenhinterwand und der andere im Recessus zygomaticus lokalisiert. Beide Befunde wurden sowohl im Orthopantomogramm als auch im PACE eindeutig dargestellt.

Die übrigen 21 zystenähnlichen Befunde erschienen im Orthopantomogramm als mehr oder minder große, basale, kuppelförmige, peripher deutlich begrenzte Verschattungen (vgl. Abb. 15 a, b). In 5 dieser Fälle handelte es sich um klinisch diagnostizierte Riesenzysten, die weite Teile der Kieferhöhle ausfüllten und daher im PACE nicht immer einwandfrei von einer diffusen Verschattung zu unterscheiden waren.

Um feststellen zu können, ob zwischen der Diagnostizierbarkeit von zystenähnlichen Veränderungen im PACE und ihrer Lage innerhalb des Recessus alveolaris zum einen bzw. ihrer Größe zum anderen eine Beziehung bestand, wurden die 21 Fälle in Tabelle 6 nach ihrer Lage in Relation zum Zahnsystem und in Tabelle 7 nach ihrer Größe geordnet aufgeführt. Beide Kriterien wurden anhand der orthopantomographischen Darstellung erhoben, da die Verprojizierung im PACE die Beurteilung dieser Kriterien nicht zuläßt.

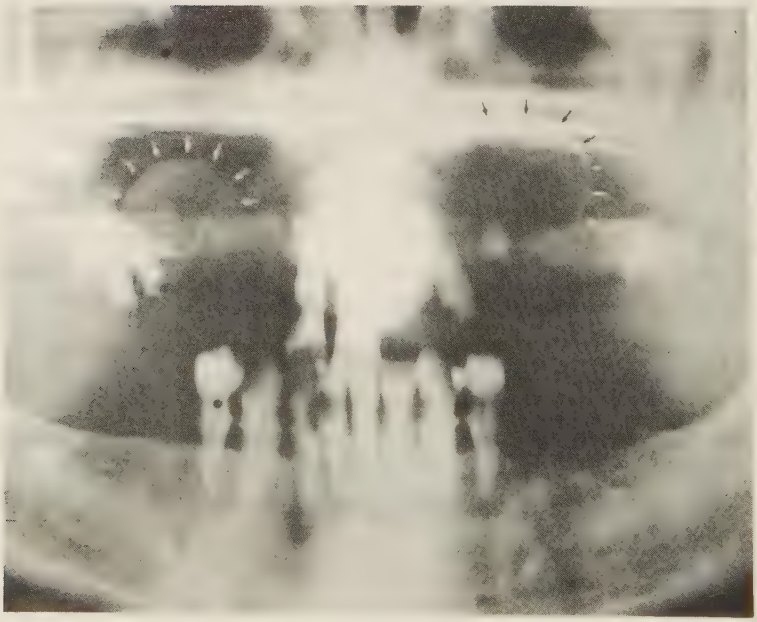
In Tabelle 6 sind die Befunde nach ihrer Lage in Relation zum Zahnsystem von anterior nach posterior geordnet aufgeführt, wobei die ersten 16 Befunde nicht mehr als 3 Zähne überragen und eine maximale Ausdehnung von 3,5 cm aufweisen; die letzten 5 Fälle sind die bereits zuvor erwähn-

Fall Nr.	Bereich des Befundes über	OPTG	PACE	Durchmesser des Befundes in cm
1	3 4 5	+	-	1,5 - 2
2	4 5	+	-	0,5
3	4 5	+	-	1,5 - 2
4	4 5	+	-	1,5 - 2
5	4 5	+	-	2 - 2,5
6	5 6	+	-	1 - 1,5
7	6	+	-	0,5 - 1
8	6	+	-	1
9	5 6 7	+	-	2
10	5 6 7	+	-	3 - 3,5
11	6 7	+	+	1 - 1,5
12	6 7	+	-	2,5
13	6 7 8	+	+	2,5
14	7 8	+	+	1,5
15	7 8	+	+	1,5 - 2
16	8	+	+	2 - 2,5
17	2 3 4 5 6 7	+	+	5
18	2 3 4 5 6 7	+	+	4 - 6
19	2 3 4 5 6 7	+	+	4 - 6
20	4 5 6 7 8	+	+	3 - 4,5
21	4 5 6 7 8	+	-	3 - 5,5

Tab. 6: 21 Fälle mit basalen zystenähnlichen Befunden, geordnet von anterior nach posterior in Relation zu den Zahnbereichen, über denen sie im Orthopantomogramm abgebildet wurden unter Angabe der Befundgröße und der Darstellung im Orthopantomogramm und in der PACE-Aufnahme
+ Befund einwandfrei dargestellt
- Befund gar nicht dargestellt

Abb. 15 a:
Klinische PACE-Aufnahme: rechte und linke Kieferhöhle o.B.

Abb. 15 b:
Das zu Abb. 15 a gehörige Orthopantomogramm zeigt in der rechten und linken Kieferhöhle jeweils 1 zystenähnlichen Befund



ten Riesenzysten, die sich über weite Teile des Zahnsystems erstreckten und daher gesondert aufgeführt werden. Aus dieser Tabelle ist zu ersehen, daß alle jene zystenähnlichen Veränderungen im PACE überhaupt nicht sichtbar waren, die im Orthopantomogramm im Alveolarbuchtbereich anterior des 2. Molaren abgebildet wurden; erst nachdem sich der Befund im Orthopantomogramm bis in den Bereich über dem 2. Molaren und weiter nach dorsal erstreckte, wurde er auch im PACE häufig gut erkennbar dargestellt. Weiterhin ist aus Tabelle 6 ersichtlich, daß sogar eine Riesenzyste im PACE nicht erkennbar war. Von den insgesamt 21 zystenähnlichen Befunden, die im Orthopantomogramm in röntgenologisch-topographischer Beziehung zum Zahnsystem standen, konnten im PACE 12 Befunde (57 %) und damit über die Hälfte nicht diagnostiziert werden.

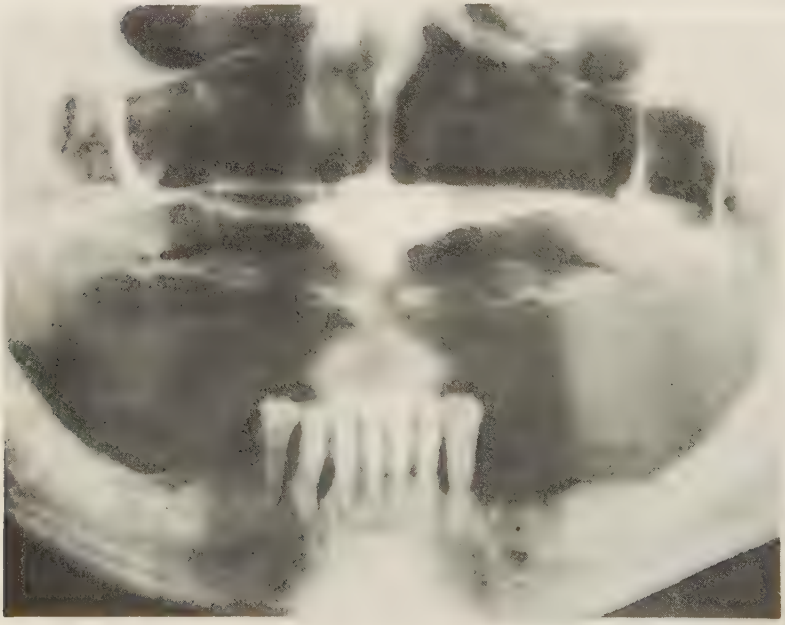
Kann man anhand von Tabelle 6 eine Beziehung zwischen Lage und Diagnostizierbarkeit von zystenähnlichen Veränderungen im PACE annehmen, so ist anhand von Tabelle 7 eine ähnliche Beziehung zur Größe des Befundes nicht festzustellen; während nämlich kleine Befunde von 1-1,5 cm Durchmesser im PACE bereits sichtbar wurden, konnten zahlreiche größere Befunde hier nicht diagnostiziert werden. Statt dessen wird die Aussage von Tabelle 6 noch bekräftigt, denn innerhalb einer Gruppe von gleichgroßen Befunden waren diese um so eher im PACE diagnostizierbar, je weiter dorsal vom 1. Molaren sie im Orthopantomogramm erschienen.

Verschattungen

Die zweitgrößte Befundgruppe umfaßte die Verschattungen, die insgesamt 13 mal diagnostiziert wurden, wobei 3 Kieferhöhlen partiell und 10 total verschattet waren (vgl. Abb. 16 a, b). Die Diagnostizierbarkeit der Verschattungen ist aus Tabelle 8 zu ersehen, wobei gleichzeitig die

Abb. 16 a:
Klinische PACE-Aufnahme: rechte Kieferhöhle total verschattet, linke Kieferhöhle o.B.

Abb. 16 b:
Das zu Abb. 16 a gehörige Orthopantomogramm: rechte und linke Kieferhöhle o.B.



Fall Nr.	Durchmesser des Befundes in cm	OPTG	PACE	Bereich des Befundes über
2	0,5	+	-	4 5
7	0,5-1	+	-	6
8	1	+	-	6
6	1-1,5	+	-	5 6
11	1-1,5	+	+	6 7
14	1,5	+	+	7 8
1	1,5-2	+	-	3 4 5
3	1,5-2	+	-	4 5
4	1,5-2	+	-	4 5
15	1,5-2	+	+	7 8
9	2	+	-	5 6 7
5	2-2,5	+	-	4 5
16	2-2,5	+	+	8
12	2,5	+	-	6 7
13	2,5	+	+	6 7 8
10	3-3,5	+	-	5 6 7

Tab. 7: Die ersten 16 Fälle aus Tabelle 6, die sich maximal bis über einen Bereich von 3 Zähnen erstreckten, geordnet nach der Befundgröße.

klinische Diagnose, soweit bekannt, angegeben wurde. Aus dieser Tabelle ist zu ersehen, daß von insgesamt 13 Verschattungen 12 (92 %) im PACE, aber nur 4 (31 %) im Orthopantomogramm eindeutig zu erkennen waren; 1 war nur im Orthopantomogramm und 7 (54 %) waren ausschließlich im PACE erkennbar. Zu diesen 7 Fällen gehören alle 3 partiellen Verschattungen, die im PACE als Spiegel und damit als deutlich begrenzter Befund erschienen. In den letzten 2 der insgesamt 13 Fälle war auch anhand des Orthopanto-

Fall Nr.	Verschattung partiell	total	OPTG	PACE	Diagnose
24	x		-	+	rhin. Sinusitis
25	x		-	+	
26	x		-	+	
27		x	+	+	KH-Karzinom
28		x	+	+	
29		x	+	+	
30		x	?	+	rhin. Odontalgie
31		x	?	+	
32		x	-	+	nach KH-Operation
33		x	-	+	nach KH-Operation
34		x	+	-	
35		x	-	+	
36		x	-	+	

Tab. 8: 13 Fälle mit partieller oder totaler Verschattung der Kieferhöhle, soweit bekannt mit Angabe der Diagnose.
+ Befund einwandfrei dargestellt
? Befund andeutungsweise dargestellt
- Befund gar nicht dargestellt

mogramms eine im PACE diagnostizierte Verschattung nicht auszuschließen. Aus diesen Ergebnissen ist zu ersehen, daß eine Kieferhöhlenverschattung, ob partielle oder total, anhand einer PACE-Aufnahme zuverlässiger beurteilt werden kann als anhand eines Orthopantomogramms.

Begleitschatten

In 3 Kieferhöhlen konnte ein Begleitschatten diagnostiziert werden, wovon einer sowohl im Orthopantomogramm als

auch im PACE gut zu erkennen war; die beiden anderen wurden nur im PACE gur dargestellt, während sie im Orthopantomogramm überhaupt nicht sichtbar wurden. Ersterer erschien im Orthopantomogramm im gesamten Kieferhöhlenbodenbereich in einer Breite von 1-1,5 cm und in der PACE-Aufnahme als basaler Rundschatten. Die beiden nur im PACE diagnostizierten Begleitschatten wurden jeweils entlang der seitlichen Kieferhöhlenbegrenzungslinie dargestellt.

Hoch verlagerte Weisheitszähne

In 2 Kieferhöhlen befanden sich hoch verlagerte Weisheitszähne, wovon einer sowohl im Orthopantomogramm als auch im PACE und 1 nur im Orthopantomogramm als solcher eindeutig erkennbar dargestellt wurde. Im ersten Fall wurde im PACE gleichzeitig eine Spiegelbildung diagnostiziert, wobei der Zahn auf der Flüssigkeit zu schwimmen schien. Im Orthopantomogramm dagegen war nur der Weisheitszahn nahe dem Orbitarand abgebildet, die partielle Verschattung dagegen war nicht zu diagnostizieren und wurde als negativer Befund einer partiell verschatteten Kieferhöhle unter "Verschattungen" aufgeführt.

Der zweite hoch verlagerte Weisheitszahn wurde im Orthopantomogramm im mittleren Bereich der Hinterwand bzw. der seitlichen Kieferhöhlenbegrenzung dargestellt, im PACE dagegen erschien er im Alveolarfortsatzbereich leicht nach bukkal verlagert, so daß anhand dieses Bildes die Diagnose "hoch verlagerter Weisheitszahn" nicht gestellt werden konnte.

Fremdkörper

Die 2 Fremdkörperbefunde waren Reste von in die Kieferhöhle eingebrachten Kontrastmitteln. Die dadurch beding-

Abb. 17 a:
Klinische PACE-Aufnahme: rechte und linke Kieferhöhle o.B.

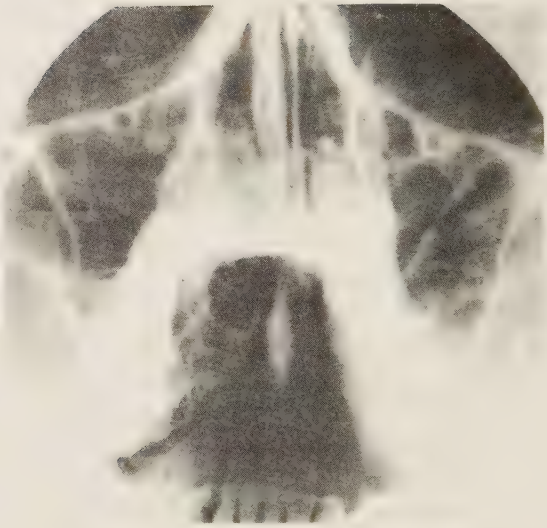


Abb. 17 b:
Das zu Abb. 17 a gehörige Orthopantomogramm: jeweils 1 Fremdkörperbefund in der rechten und linken Kieferhöhle

ten wolkigen Verschattungen waren im Orthopantomogramm in der linken und rechten Kieferhöhle desselben Patienten deutlich sichtbar, während sie in beiden Fällen im PACE überhaupt nicht dargestellt wurden (vgl. Abb. 17 a, b). Die Befunde erschienen im Orthopantomogramm auf der linken Seite im Bereich oberhalb des 1. Prämolaren mit einem Durchmesser von ca. 1 cm und in der rechten Kieferhöhle im Bereich über den Zähnen 56 in einem Ausmaß von ca. 1,5-2 cm. Diese Alveolarbuchtbereiche sind mit denen identisch, in denen auch zystenähnliche Veränderungen gleicher Größe im Orthopantomogramm deutlich und im PACE gar nicht erkennbar dargestellt wurden.

Wurzelreste

In 2 Kieferhöhlen konnten anhand eines Orthopantomogramms Wurzelreste diagnostiziert werden. Sie erschienen jeweils in der linken Kieferhöhle im Antrumbodenbereich über dem fehlenden 2. Molaren und waren bei einer Größe bis zu 0,5 cm im Orthopantomogramm gut und im PACE gar nicht zu diagnostizieren.

Zusammenfassend konnte anhand der klinischen Röntgenbilder folgendes festgestellt werden:

- Zystenähnliche Veränderungen im Alveolarbuchtbereich sind anhand eines Orthopantomogramms zuverlässiger zu beurteilen als anhand einer PACE-Aufnahme. Von 23 zystenähnlichen Veränderungen konnten 12 (52 %) im PACE nicht nachgewiesen werden. Basale zystenähnliche Veränderungen wurden im PACE erst dann sichtbar, wenn sie sich über Alveolarbuchtbereiche erstreckten, die im Orthopantomogramm dorsal vom 1. Molaren dargestellt wurden.
- Verschattungen konnten anhand einer PACE-Aufnahme zuverlässiger beurteilt werden als im Orthopantomogramm. Von 13 Verschattungsbefunden wurden 12 im PACE diagno-

stiziert, wovon 7 und damit 54 % im Orthopantomogramm auch nicht einmal andeutunsweise sichtbar wurden. In 3 der 7 Fälle handelte es sich um partiell verschattete Kieferhöhlen, die im PACE als deutlich begrenzte Spiegelbildungen imponierten.

- Begleitschatten, die im PACE an der lateralen Kieferhöhlenaußenbegrenzung erschienen, wurden im Orthopantomogramm nicht dargestellt, während 1 Begleitschatten im Alveolarbuchtbereich in beiden Aufnahmen dargestellt wurde.
- Hoch verlagerte Weisheitszähne waren topographisch im Orthopantomogramm besser beurteilbar als im PACE. Eine gleichzeitig auftretende partielle Kieferhöhlenverschattung wurde im PACE gut, im Orthopantomogramm gar nicht dargestellt.
- 2 Fremdkörperbefunde und 2 Wurzelreste wurden nur im Orthopantomogramm sichtbar.

4. Diskussion

Zur Darstellung der orbitalen Kieferhohlenwand im PACE

Bezüglich der Frage, ob die obere Kieferhöhlenbegrenzungslinie im PACE (4, Abb. 1, S. 15) durch den Übergang der Seitenwand zur orbitalen Kieferhohlenwand bedingt ist (nach AUER (3)), oder durch Orbitaanteile, die etwa 1 cm hinter dem vorderen Orbitarand liegen (nach POTTER/PALMER (84)) sei hier kurz auf die Darstellung der im Vorversuch auf der orbitalen Kieferhohlenwand befestigten 4 Kugeln eingegangen (vgl. Abb. 5, S. 40, Abb. 7, S. 41). Diese 4 Kugeln erschienen im PACE als Ecken eines Parallelogramms: die beiden am vorderen Orbitarand platzierten Kugeln werden im Röntgenbild innerhalb des oberen, dichten Kieferhöhlenbegrenzungsschattens dargestellt (Bereich zwischen 3 und 4, Abb. 1, S. 15), die beiden im hinteren Teil der Orbita befestigten Kugeln erscheinen bereits im oberen Drittel der Kieferhöhlentransparenz, also caudal der Linie 4 in Abb. 1. Bei der Linie 4 in Abbildung 1 kann es sich also in der dieser Arbeit zugrunde liegenden Projektion für die PACE-Aufnahme nicht um den Übergang der orbitalen Wand zur Seitenwand handeln (3). Diese Grenze ist vielmehr durch Orbitabereiche bedingt, die nach POTTER/PALMER (84) ca. 1 cm hinter dem vorderen Orbitarand liegen.

Zur Darstellung der unteren Kieferhöhlenbegrenzung im PACE

Anhand der Ergebnisse des experimentellen Teils kann folgende Angabe von AUER (3) bezüglich der Darstellung des Processus alveolaris im PACE bestätigt werden: "Die tiefste Stelle der Höhle ... liegt vorn, meist in der Höhe des 1. Molaren, wo die Crista infrazygomatica einmündet" (3).

Zusätzlich kann diese Aussage durch die vorliegende Untersuchung dahingehend präzisiert werden, daß die tiefste Stelle im PACE vor allem im mediobasalen und medialen Bereich durch jene Bodenanteile des Recessus alveolaris bedingt ist, die über dem 1. Molaren liegen, im laterobasalen Bereich aber, d.h. in dem Bereich, der in der Nähe des Übergangs zwischen unterer und äußerer seitlicher Begrenzung der Antrumtransparenz im PACE liegt, sind mehr und mehr Alveolarbucht-Bodenbereiche beteiligt, die dorsal vom Bereich des 1. Molaren liegen.

Somit wird die scheinbar im Gegensatz zu AUER (3) stehende Meinung HIELSCHER's (30) verständlich, daß die Aufhellung im basalen Kieferhöhlenabschnitt im PACE besonders durch rückwärts gelegene Anteile des Recessus alveolaris bedingt ist und somit die untere Kieferhöhlenbegrenzungslinie im PACE durch die Abzeichnung von Wandanteilen bedingt ist, die dorsal der Crista infrazygomatica liegen.

Die Angaben von CLEMENTSCHITSCH (11) dagegen, daß die Kieferhöhle im PACE in der Ausdehnung "... von vorne oben nach dorsal unten dargestellt ..." (11) wird, kann anhand der vorliegenden Untersuchung nicht bejaht werden, denn der untere Rand der oberen Kieferhöhlenbegrenzungslinie ist durch Orbitaanteile bedingt, die ca. 1 cm hinter dem vorderen Orbitarand liegen (84) und die untere Begrenzung der Antrumtransparenz wird zwar durch Alveolarbuchtanteile bedingt, die dorsal der Crista infrazygomatica liegen, aber nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen nicht so weit dorsal, daß sie mit der anatomischen posterioren Alveolarbucht-Bodengrenze identisch sind. Die Antrumtransparenz im PACE ist also, genau betrachtet, weder durch solche Kieferhöhlenanteile begrenzt, die anatomisch vorne oben liegen, noch durch solche, die dorsal unten liegen.

Zur Darstellung des Recessus alveolaris im Orthopantomogramm

Nach experimentellen Untersuchungen über die Darstellung von Kieferhöhlensepten im Orthopantomogramm vertritt PAATERO (80) die Ansicht, daß die Lage von im unteren Kieferhöhlenanteil befindlichen Objekten im Orthopantomogramm sehr realitätsgetreu zur Abbildung kommt.

JUNG (37) dagegen ist aufgrund theoretischer Überlegungen der Meinung, daß die Mesial-Distal-Relationen der Kieferhöhle nur im Molarenbereich eine annähernd korrekte Wiedergabe erfahren, im anterioren Abschnitt der Seitenzahnregion dagegen die anatomische Situation nicht immer einwandfrei zu erkennen ist.

Anhand der vorliegenden Untersuchung konnte die Meinung PAATERO's (80) bestätigt werden, denn die Metallteilchen wurden im Orthopantomogramm in sehr regelmäßigen Abständen hintereinander in gleicher Weise im anterioren wie im posterioren Kieferhöhlenbereich abgebildet. Die abweichende Meinung JUNG's (37) erklärt sich dadurch, daß er, wie seine Zeichnung belegt (Abb. 4, S. 24), von einem Orthopantomographen ausging, der sich um 3 stationäre Drehzentren bewegt und somit der Kieferhöhlenboden in mesio-distaler Richtung tatsächlich eine nach mesial zunehmend exzentrische Projektion erfährt. Letztere sinkt aber in dem Moment bis auf ein Minimum herab, wo der Übergang vom lateralen zum medialen Rotationszentrum nicht mehr abrupt sondern schrittweise abläuft, so wie es auch bei dem für diese Untersuchung benutzten Orthopantomographen der Fall ist. Die Theorie JUNG's (37) konnte daher im Rahmen dieser Arbeit nicht bestätigt werden, sondern ist bei Benutzung heutiger Orthopantomographen wohl als anachronistisch zu betrachten

Übereinstimmend mit JUNG (37) wurde dagegen auch in der vorliegenden Untersuchung festgestellt, daß der Schärfe-

grad der Abbildung von der buccalen zur nasalen Kieferhöhlenwand abnimmt, doch kam diese Tatsache im Rahmen der vorliegenden Arbeit nur in einem so geringen Maß zum Ausdruck, daß es nur beim direkten Vergleich innerhalb der Röntgenaufnahmen der drei Kieferhöhlen-Bodenbereiche desselben Schädels festgestellt werden konnte. Nicht zu unterstützen ist daher das Ergebnis von JUNG (37), daß bereits der eigentliche Kieferhöhlenboden am Übergang von der scharf wiedergegebenen Schicht zur oral davon befindlichen unscharfen Zone liegt. Die vorliegende Untersuchung hat vielmehr ergeben, daß sowohl bei einem relativ kleinen als auch bei einem mittleren und einem relativ breiten Schädel die Wiedergabe der Metallteilchen im gesamten Alveolarbucht-Bodenbereich noch so scharf war, daß davon ausgegangen werden kann, daß der gesamte Kieferhöhlen-Bodenbereich aller 3 Schädel im Bereich der scharf darzustellenden Schicht lag.

Zum klinischen Teil

Wurde im experimentellen Teil festgestellt, daß im PACE vor allem jene Alveolarbucht-Bodenanteile in die Antrumtransparenz projiziert werden, die im Orthopantomogramm anterior vom Bereich des 1. Molaren erscheinen, so müssen die klinischen Ergebnisse zunächst verwirren, wurden doch hier gerade jene zystenähnlichen Veränderungen im PACE sichtbar, die sich im Orthopantomogramm auch oder ausschließlich über Bereiche d o r s a l des 1. Molaren erstreckten. Die Ursache hierfür kann in der speziellen Anatomie des Kieferhöhlenbodens gesehen werden, der in der Regel nicht in einer horizontalen Ebende angelegt ist, sondern seine tiefste Stelle im Bereich über dem 2. Prämolaren bzw. dem 1. Molaren hat (109, 88, 69) und von hier aus nach anterior schroff und nach posterior etwas ansteigt (88). Diese anatomischen Verhältnisse des Kieferhöhlenbodens bedingen, daß der anteriore und der posteriore Alveolarbuchtanteil einen sehr unterschiedlichen

vertikalen Winkel zu einem horizontal verlaufenden Zentralstrahl einnehmen: die anterioren Alveolarbuchtanteile einen relativ großen und damit abbildungstechnisch ungünstigen Winkel, die posterioren einen kleinen und damit abbildungstechnisch günstigen Winkel. Durch die Dorsalflexion des Kopfes bei der PACE-Projektion werden die Bedingungen für die anterioren Alveolarbuchtanteile noch ungünstiger: sie wandern in eine zum Zentralstrahl senkrecht verlaufende Ebene, während gleichzeitig die posterioren Alveolarbuchtanteile nur statt eines kleinen positiven vertikalen Winkels einen kleinen negativen vertikalen Winkel zum Zentralstrahl einnehmen und somit mit der Längsachse immer noch annähernd parallel zum Zentralstrahl liegen. Der kleine negative vertikale Winkel bedingt, daß kleinste Veränderungen in diesem Bereich in den Schatten der Zähne und Kiefer hineinprojiziert werden, so z.B. die 2 mm großen Würfel und Kugeln im Laufe dieser Untersuchung. Handelt es sich jedoch um etwas größere Veränderungen, so sind die Projektionsbedingungen im anterioren und posterioren Alveolarbuchtabschnitt nur noch für kugelförmige Gebilde identisch; zystenähnliche Veränderungen liegen aber dem Alveolarbuchtboden breitbasig auf und haben damit bei gleicher Größe des Befundes im posterioren Bereich günstigere Abbildungsbedingungen als im anterioren Alveolarbuchtanteil.

Anhand der vorliegenden Untersuchung konnten somit die Ergebnisse von JUNG (37), MATTILA (57), SINIGAGLIA/MALAMAN/RODIGHIERO (93), OHBA/KATAYAMA (66) und OHBA (65) bestätigt werden, daß zystenähnliche Veränderungen im unteren Kieferhöhlenanteil noch in Panorama-Schichtaufnahmen dargestellt werden können, wenn sie in PACE-Aufnahmen projektionsbedingt nicht mehr diagnostizierbar sind. Zusätzlich wurde anhand der vorliegenden Untersuchung festgestellt, daß diese im PACE projektionsbedingt nicht darstellbaren Bereiche bei kleinsten Veränderungen den Alveolarbuchtboden in seiner gesamten ventro-dorsalen Ausdeh-

nung betreffen; bei größeren Befunden jedoch vor allem jene Befunde im PACE nicht dargestellt werden, die sich über anteriore Alveolarbucht-Bodenbereiche einschließlich des 1. Molaren befinden. Aus diesem Sachverhalt kann folgende praktische Schlußfolgerung gezogen werden:

- anhand einer PACE-Aufnahme kann eine zystenähnliche Veränderung im anterioren Alveolarbuchtbereich bis zum 1. Molaren nicht ausgeschlossen werden
- bei Verdacht auf eine zystenähnliche Veränderung, ausgehend von den Oberkieferfrontzähnen, den -prämolaren oder dem 1. -molaren muß die Anfertigung eines Orthopantomogramms gegenüber einer PACE-Aufnahme als Mittel der Wahl angesehen werden, weil die PACE-Aufnahme für solche Fälle keine Aussagekraft besitzt und daher im Sinn des Strahlenschutzes zunächst nicht als indiziert angesehen werden kann.

Die Verschattungsbefunde dagegen waren im Rahmen dieser Untersuchung im PACE wesentlich häufiger und damit wohl auch zuverlässiger beurteilbar als in der Panorama-Schichtaufnahme, worauf auch bereits JUNG (37), OHBA/KATAYAMA (66) und OHBA (65) hingewiesen haben. LYON (53) dagegen kam aufgrund seiner Untersuchung zu dem Schluß, daß die Diagnose einer Sinusitis anhand einer Panorama-Schichtaufnahme ebenso gut wie anhand einer Aufnahme nach Waters zu stellen sei. Hierzu kann im Rahmen dieser Arbeit keine Stellung bezogen werden, da bei dieser Untersuchung vornehmlich die Möglichkeiten der Röntgendiagnostik anhand von Orthopantomogrammen und PACE-Aufnahmen zu vergleichen waren. Die Diagnose einer verschatteten Kieferhöhle sagt aber zunächst nichts über die Ursache des Befundes aus, der z.B. als postoperativer Zustand der Kieferhöhle nicht einmal pathologischer Natur sein muß. Daß letztere in beiden Fällen im Orthopantomogramm keine Verschattung der Kieferhöhle bewirkten, könnte dadurch bedingt sein, daß es sich hierbei um einen Befund der kieferhöhlenbegrenzenden Wände handelt, die im Orthopantomo-

gramm nicht mehr genügend im Bereich der scharf abzubildenden Schicht liegen.

Auch im PACE deutlich sichtbare Spiegelbildungen wurden im Orthopantomogramm nicht dargestellt, ein Sachverhalt, der für eine Panorex-Aufnahme auch von JUNG (37) beschrieben wurde. Dessen Ursache besteht darin, daß zur Darstellung eines Flüssigkeitsspiegels eine horizontale Strahlenführung erforderlich ist. Letztere ist aber nur für die PACE-Projektion gegeben, während die Kieferhöhle vom Orthopantomographen unter einem negativen vertikalen Winkel durchstrahlt wird. Weiterhin liegt bei der sagittal verlaufenden PACE-Projektion am sitzenden Patienten bei horizontaler Strahlenführung eine größere Flüssigkeitsschicht im Nutzstrahlenbündel als in der transversalen, orthopantomographischen Projektion.

Auf die Tatsache, daß neben Verschattungen der Kieferhöhle auch die Begleitschattenbefunde im PACE besser als in Panorama-Schichtaufnahmen sichtbar wurden, wiesen auch OHBA/KATAYAMA (66) hin. Die Begleitschatten, die im Rahmen dieser Untersuchung im PACE erschienen und im Orthopantomogramm nicht dargestellt wurden, befanden sich im PACE an der seitlichen Begrenzung der Antrumtransparenz und damit in einem Bereich, der im Orthopantomogramm senkrecht zum Zentralstrahl und damit abbildungstechnisch ungünstig liegt. Die Darstellung kleinerer in diesem Bereich befindlicher Veränderungen ist daher im Orthopantomogramm nicht zu erwarten.

Auf die diagnostische Verwertbarkeit eines Orthopantomogramms in Bezug auf Wurzelreste, retinierte Zähne und Fremdkörper in der Kieferhöhle wurde von zahlreichen Autoren hingewiesen (56, 15, 94, 12, 97, 20) und sie konnte auch im Rahmen dieser Arbeit bestätigt werden. Die bei der vorliegenden Untersuchung im PACE nicht dargestellten Fremdkörperbefunde wurden im Orthopantomogramm jeweils

im anterioren Kieferhöhlenabschnitt bis zum 1. Molaren abgebildet und damit in demjenigen Kieferhöhlenbereich, in dem sich auch jene zystenähnlichen Veränderungen befanden, die im PACE nicht dargestellt wurden.

Zu den Ergebnissen der klinischen Röntgenbilder im Rahmen dieser Arbeit muß kritisch bemerkt werden, daß sie nichts über den Grad der absoluten Zuverlässigkeit der Kieferhöhlendiagnostik anhand der beiden Aufnahmetechniken aussagen können, wobei neben einem vorhandenen bzw. nicht vorhandenen Röntgenbefund auch der tatsächliche klinische Zustand der Kieferhöhle hätte berücksichtigt werden müssen. Die Auswertung der klinischen Röntgenbilder sollte im Rahmen dieser Arbeit aber nur zu Aussagen über die relative diagnostische Verwertbarkeit zwischen der Darstellung von Kieferhöhlenveränderungen im Orthopantomogramm und der PACE-Aufnahme führen.

5. Zusammenfassung

Das Ziel dieser Arbeit war, die Darstellung des Recessus alveolaris im Orthopantomogramm und in der post.-ant.-cran.-exz. Kieferhöhlenstandardprojektion in einer systematischen, experimentellen Untersuchung zu vergleichen und die Ergebnisse anhand klinischer Bilder zu überprüfen.

Im experimentellen Teil wurden an 3 mazerierten Schädeln insgesamt 49 Metallteilchen in Form von 2 mm großen Bleikugeln und Messingwürfeln mit einer Kantenlänge von 2 mm in verschiedenen Alveolarbuchtbereichen angebracht und jeweils ein Orthopantomogramm und eine PACE-Aufnahme angefertigt.

Es ergab sich, daß im Orthopantomogramm alle Kugeln und Würfel dargestellt wurden, während im PACE mit insgesamt 16 der 49 Teilchen durchschnittlich 33 % nicht zu erkennen waren. Die nicht dargestellten Metallteilchen erschienen im Orthopantomogramm durchweg in Kieferhöhlenbereichen über bzw. dorsal des 1. Molaren.

Die untere Kieferhöhlenbegrenzungslinie im Orthopantomogramm wurde durch Bereiche bedingt, die am Übergang vom Alveolarbuchtboden zur buccalen Kieferhöhlenwand lagen. Der Übergang des Alveolarbuchtbodens zur nasalen Kieferhöhlenwand wurde im Orthopantomogramm ca. 0,5-1 cm oberhalb der unteren Begrenzungslinie in die Antrumtransparenz projiziert; diese anatomische Grenze war im Orthopantomogramm röntgenologisch nicht sichtbar.

Im PACE wurde keine Antrumbodengrenze röntgenologisch abgebildet; der Recessus alveolaris wurde je nach anatomischer Situation unterschiedlich weit in die Antrumtransparenz projiziert. Sein Verlauf war im PACE durch nichts erkennbar abgebildet und war daher mithilfe dieser Rönt-

gentechnik nicht beurteilbar.

Die Abbildung des Recessus alveolaris im Orthopantomogramm war von seiner Darstellung im PACE projektionsbedingt grundsätzlich verschieden; die beiden Techniken müssen daher als zwei getrennte Alveolarbuchtprojektionen betrachtet werden.

Die klinischen Röntgenbilder umfaßten 87 Orthopantomogramme und 87 PACE-Aufnahmen derselben Patienten. Von den 174 röntgenologisch untersuchten Kieferhöhlen waren 130 o.B. und 44 wiesen insgesamt 45 pathologische Befunde auf.

Von den 45 pathologischen Befunden waren 23 zystenähnliche Veränderungen, die alle im Orthopantomogramm sichtbar wurden. Hiervon waren 12 und damit 52 % im PACE nicht zu diagnostizieren. Hierbei wurden alle jene zystenähnlichen Veränderungen im PACE nicht sichtbar, die sich im Orthopantomogramm in anterioren Kieferhöhlen-Bodenbereichen bis über dem 1. Molaren befanden. Praktisch kann man daraus schlußfolgern, daß kleinere zystenähnliche Veränderungen, die in anterioren Kieferhöhlen-Bodenbereichen bis zum 1. Molaren zu vermuten sind, anhand einer PACE-Aufnahme nicht abgeklärt werden können, während sie im Orthopantomogramm gut beurteilbar erscheinen.

Verschattungsbefunde dagegen wurden im PACE wesentlich häufiger dargestellt als im Orthopantomogramm. Von 12 Verschattungen im PACE wurden 7 im Orthopantomogramm überhaupt nicht sichtbar; hierbei handelte es sich in 3 Fällen um eine im PACE deutlich begrenzte, partiell verschattete Kieferhöhle (Spiegelbildung).

Begleitschatten, die im PACE an der lateralen Kieferhöhlenbegrenzung erschienen, wurden im Orthopantomogramm nicht dargestellt, während 1 Begleitschatten im Alveolar-

bucht-Bodenbereich in beiden Aufnahmen dargestellt wurde.

Hoch verlagerte Weisheitszähne waren topographisch im Orthopantomogramm besser beurteilbar als im PACE. Eine gleichzeitig auftretende partielle Kieferhöhlenverschattung wurde im PACE gut, im Orthopantomogramm gar nicht dargestellt.

2 Fremdkörperbefunde und 2 Wurzelreste wurden jeweils nur im Orthopantomogramm sichtbar.

6. Literaturverzeichnis

1) AKEN, J. van — Panoramic X-ray equipment
J. Amer. dent. Ass. 86,
1050-1059, 1973

2) ALTONEN, M. — Structures of the midface on cylindrical pantomograms
J. maxillofac. Surg. 4,
171-177, 1976

3) AUER, K.-H. — Beitrag zur Topographie der Kieferhöhlen im Röntgenbild
Z. Laryng. Rhinol. 32,
206-211, 1953

4) AXELSSON, A. — The roentgenologic demonstration of sinusitis
Amer. J. Roentgenol. 122,
621-627, 1974

5) BLACKMAN, S. — Rotational tomography of the face
Brit. J. Radiol. 33,
408-418, 1960

6) BLACKMAN, S. — Panoramic radiography
Brit. J. Oral Surg. 1,
209-219, 1964

7) BONSDORFF, P. von — Untersuchungen über Maßverhältnisse des Oberkiefers mit spezieller Berücksichtigung der Lagebeziehungen zwischen Zahnwurzeln und der Kieferhöhle
Tilgmann, Helsingfors 1925

8) BROWN, C.E. Jr.
CHRISTEN, A.C.
JERMAN, A.C. — Dimensions of the focal trough in panoramic radiography
J. Amer. dent. Ass. 84,
843-847, 1972

9) CHILES, J.L.
GORES, R.J. — Anatomic interpretation of the orthopantomogram
Oral Surg. 35, 564-574, 1973

10) CHRISTEN, A.G.
MEFFERT, R.M.
CORNYN, J.
TIECKE, R.W.
Oral health of dentists: Analysis of panoramic radiography survey
J. Amer. dent. Ass. 75, 1167-1168, 1967

11) CLEMENTSCHITSCH, F.
Die Röntgendarstellung des Gesichtsschädels
Urban & Schwarzenberg, Wien 1948

12) CUSTOT, P.
Principes de la radiographie panoramique - Ses apports et son utilisation en Odonto-stomatologie
Inform. dent. 56, 31-41, 1974

13) DUHAMEL, J.
Les procédés de radiographie en coupe non rigoureux
Science et industries photographiques 25, 129-139, 1954

14) DUHAMEL, J.
Une forme nouvelle de photo-tomographie
Science et industries photographiques 25, 353-355, 1954

15) DUMAS, P.
MATHIEU, L.
DIJON, C.
L'orthopantomographie en pratique odonto-stomatologique
Rev. franç. Odonto-stomat. 13, 793-797, 1966

16) EDGE, M.B.B.
CHAMPION, C.
Interpretation of the orthopantomogram - complications due to radiographic artifacts
Brit. dent. J. 133, 289-296, 1972

17) ENNIS, L.M.
Variations of the maxillary sinus as seen in the roentgenogram
J. Amer. dent. Ass. 23, 201-212, 1936

18) ENSSLIN, F.H.
YARNALL, P.J.
Dental X-ray machine
US patent 3,906,227.
(Int Cl. G03B 5/17), 16.9.1975

19) GARCIA, L.F.
Détermination des structures anatomiques dento-maxillo-faciales des orthopantomographies
Thesis, Medical Faculty, Section Dentistry, Geneva 1971

20) GARCIAS, D.
CHAUSSY, J.-C.
SAUTEYRON, M.
La tomographie panoramique: ses indications et ses limites au cabinet dentaire
Actualités odonto-stomat. 112, 563-590, 1975

21) GRASHEY-BIRKNER
Atlas typischer Röntgenbilder vom normalen Menschen
Urban & Schwarzenberg, München und Berlin 1955

22) GREENBAUM, E.I.
RAPPAPORT, I.
GUNN, W.
The use of panoramic radiography in detection of posterior wall invasion by maxillary antrum carcinoma
Laryngoscope 79, 256-263, 1969

23) HAIKE, H.
Die Röntgenuntersuchung der Nasennebenhöhlen der Kinder und ihre Ergebnisse für Entwicklungsgeschichte, Diagnostik und Pathologie
Arch. Laryng. Rhin. 23, 206-253, 1910
zit. nach PAATERO (69)

24) HECKMANN, K.
Die Röntgenperspektive und ihre Umwandlung durch eine neue Aufnahmetechnik
Fortschr. Röntgenstr. 60, 144-155, 1939

25) HECKMANN, K.
Die Pseudofokalaufnahme
Fortschr. Röntgenstr. 91, 502-506, 1959

26) HEIFETZ, S.N.
Introduction to panoramic radiographic technique
Oral Implantol. 4, 580-606, 1974

27) HIELSCHER, W.
Extraorale Röntgenaufnahmemethoden
Dtsch. Zahnärztekalender 109-129, 1960

28) HIELSCHER, W.
Betrachtungen zur Diagnose des Sinus maxillaris mittels extraoraler Röntgenübersichtsaufnahmen
Zahnärztl. Rdsch. 75, 28-31, 1966

29) HIELSCHER, W.
Panorama-Röntgenaufnahmen
Röntgenpraxis 20, 247-259, 1967

30) HIELSCHER, W.
Die räumliche Orientierung auf intra- und extraoralen Röntgenaufnahmen
Dtsch. Zahnärztekalender
128-148, 1970

31) HIGHMORE, N.
Corp. hum. Disquisitio anat.
Hagae Comitis 1657
zit. nach PAATERO (69)

32) HIROSE, T.
TOKOSHIMA, H.
The application of Panorex in the field of otolaryngology
Otolaryngology (Tokyo) 42,
581-588, 1970
zit. nach OHBA/KATAYAMA (67)

33) HUDSON, D.
KUMPULA, J.W.
DICKSON, G.
Panoramic dental x-ray machine
US Armed Forces Medical Journal 8,
46-55, 1957

34) IMMENKAMP, E.
Erfahrungen mit Panorama-Röntgenaufnahmen in der kieferchirurgischen Praxis
Dtsch. zahnärztl. Z. 27,
997-1004, 1972

35) JAKOB, O.
Über die kindlichen Nebenhöhlen
Med. Diss. Würzburg 1933
zit. nach PAATERO (69)

36) JUNG, T.
Der Röntgenstatus der Zähne nach neuen intra- und extraoralen Aufnahmeverfahren
Habil.-Schr. Bonn 1963

37) JUNG, T.
Panoramaröntgenaufnahmen der Kieferhöhlen
Dtsch. zahnärztl. Z. 19,
449-473, 1964

38) JUNG, T.
Zur Geschichte der Panorama-Röntgenverfahren
Radiologe 6, 206-210, 1966

39) JUNG, T.
The floor of the maxillary sinus on panoramic x-rays
Dental radiology 10, 122-126, 1970

40) JUNG, T.
Wo liegen die Grenzen der Panoramaröntgenaufnahme?
Zahnärztl. Welt 82, 1053-1061, 1973

41) KARMIOL, M.
WALSH, R.F.
LOSCALZO, L.J.
Panoramic radiography in a hospital dental service
J. Canad. dent. Ass. 36, 184-188, 1970

42) KATAYAMA, H.
OHBA, T.
OGAWA, Y.
Panoramic innominate line and related roentgen anatomy of the facial bones
Oral Surg. 37, 131-137, 1974

43) KEMPFLE, B.
Röntgendiagnostische Techniken in der Kieferchirurgie
Ärztl. Prax. 25, 4459, 1973

44) KISHKOVSKIJ, A.N.
KOVACHEV, V.M.
APRJATKINA, V.M.
(Orthopantomography and its importance in diagnosing diseases of the maxillary sinuses) Rus
Zh. ushn. nos. gorlov. Bolezn. 0, 7-11, 1974

45) KIVIMÄKI, J.
EKHOLM, A.
Klinisch-pantomographische Untersuchungen über Schleimhautretentionszysten der Kieferhöhle
Suom. Hammaslääk. Toim. 57, 5-13, 1961

46) KNIGHT, N.
Anatomic structures as visualized on the Panorex radiograph
Oral Surg. 26, 326-331, 1968

47) KNOOP, E.-O.
Pantomographie, ihre Möglichkeiten und Grenzen in der Zahnheilkunde
Med. Diss. Bonn 1955

48) LANGLAND, O.E.
The use of the orthopantomograph in a dental school
Oral Surg. 24, 480-487, 1967

49) LEHTINEN, R.
ATTASALO, K.
An orthopantomographic study of the incidence of pathological changes in the jaw outside the dento-alveolar area
Suom. Hammaslääk. Toim. 69, 13-16, 1973

50) LUND, T.M.
MANSON-HING, L.R.
A study of the focal troughs of three panoramic dental X-ray-machines. Part I: The area of sharpness
Oral Surg. 39, 318-328, 1975

51) LUND, T.M.
MANSON-HING, L.R.
A study of the focal troughs of three panoramic dental X-ray-machines. Part II: Image dimensions
Oral Surg. 39, 647-653, 1975

52) LUND, T.M.
MANSON-HING. L.R.
Relations between tooth-positions and focal troughs of panoramic machines
Oral Surg. 40, 285-293, 1975

53) LYON, H.E.
Reliability of panoramic radiography in the diagnosis of maxillary sinus pathosis
Oral Surg. 35, 124-128, 1973

54) MANSON-HING, L.R.
Evaluation of radiographic techniques, including pantomography
J. Amer. dent. Ass. 87, 145-154, 1973

55) MARS, M.
Ear ring cysts of the jaws. An artefact of the orthopantomogram
Brit. dent. J. 137, 135-136, 1974

56) MATHIEU, L.
BOUCHAYER, M.
DIJON, C.
Utilisation de l'appareil d'orthopantomographie en odonto stomatologie
Ann. odonto-stomat. 22, 183-191, 1965

57) MATTILA, K.
Roentgenological investigations into the relation between periapical lesions and conditions of the mucous membrane of maxillary sinuses
Acta odont. scand. 33, Suppl. 42, 1965

58) MEYER, W.
Entwicklung und Anatomie der Kieferhöhle
Dtsch. zahnärztl. Z. 17, 549-557, 1962

59) MLOSEK, K.
KRYST, L.
Metoda, Technika, Anatomia Radiologiczna Pantomogramu Twarzoczaszki
Czas. stomat. 28, 295-302, 1975

60) MORGAGNUS, J.B.
Adversaria anatomica omnia
I. 38. Leyden 1741
zit. nach PAATERO (69)

61) MÜNCH, J.
Entwicklung der zahnärztlichen Röntgengeräte und Aufnahmetechniken unter besonderer Berücksichtigung der Panoramaverfahren
Zahnärztl. Prax. 27, 236-240, 1976

62) NYSTRÖM, O.
WELANDER, U.
Image producing geometry and tomography in roentgenologic narrow beam methods
Svensk tandläk.-T. 64, 641-655, 1971

63) NYSTRÖM, O.
WELANDER, U.
A new theory on the image producing elements in pantomographic methods
Dento Maxillo Facial Radiology 1, 3, 1972

64) OGURA, K.
(Image quality of orthopantomography) Jap
Shikwa Gakuho 72, 26-44, 1972

65) OHBA, T.
Value and limitation of panoramic radiography in the diagnosis of maxillary sinus pathosis
Int. J. Oral Surg. 6, 211-214, 1977

66) OHBA, T.
KATAYAMA, H.
Comparison of panoramic radiography and Water's projection in the diagnosis of maxillary sinus disease
Oral Surg. 42, 534-538, 1974

67) OHBA, T.
KATAYAMA, H.
Panoramic roentgen anatomy of the maxillary sinus
Oral Surg. 39, 658-664, 1975

68) OHBA, T.
MANSON-HING, L.R.
Roentgenological study of cyst-like lesions in the maxillary sinus
Dento Maxillo Facial Radiology 4, 100-103, 1975

69) PAATERO, Y.V.
Anatomisch-topographische und Röntgenuntersuchungen über die Oberkieferhöhle
Helsinki 1939

70) PAATERO, Y.V.
En ny tomografisk metod för röntgenfotografering av yttre böjda ytor
Suom. Hammslääk. Toim. 45, 11-19, 1949

71) PAATERO, Y.V.
Pantomogramman kuvakerroksen paksuuden riippuvuus objektin sijainnista ja pyörimisuopeudesta sekä röntgensäteiden divergenssistä
Suom. Hammaslääk. Toim. 48, 113-128, 1952

72) PAATERO, Y.V.
Geometrical studies on possibilities of making double-eccentric pantomograms with a single exposure
Suom. Hammaslääk. Toim. 50, Suppl. II, 36-43, 1954

73) PAATERO, Y.V.
Pantomography in theory and use
Acta radiol. 41, 321-335, 1954

74) PAATERO, Y.V.
Die Anwendung der Pantomographie für klinische Untersuchungen
Fortschr. Röntgenstr. 82, 525-528, 1955

75) PAATERO, Y.V. Ortoradiaalinen leukapantomografia
Suom. Hammaslääk. Toim. 54,
12-16, 1958

76) PAATERO, Y.V. Kuvan muoto ja koko sekä kuvakerroksen paksuus ortopantomografiassa
Suom. Hammaslääk. Toim. 54,
267-273, 1958

77) PAATERO, Y.V. Ortopantomografi ja sen kliininen käyttö
Suom. Hammaslääk. Toim. 55,
172-184, 1959

78) PAATERO, Y.V. Orthoradial jaw pantomography
Ann. Med. intern. Fenn. 48,
Suppl. 28, 222-227, 1959

79) PAATERO, Y.V. Maxillary sinus in ordinary and orthoradial pantomograms
Suom. Hammaslääk. Toim. 56,
398-406, 1960

80) PAATERO, Y.V.
NIEMINEN, T.
TAMMISALO, E.H. Tomography of maxillary sinuses in transversal projection with an orthopantomograph
Suom. Hammaslääk. Toim. 59,
309-315, 1963

81) PASLER, F.A. Orthopantomographie in der zahnärztlichen Praxis
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 83,
1163-1178, 1973

82) PERRELET, L.A.
GARCIA, L.F. The identification of anatomical structures on orthopantomographs
Dento Maxillo Facial Radiology 1,
11-15, 1972

83) PlHRT, J.
THEUER, J.
THEUEROVA, A. Vyuziti orthopantomografie v ORL
Cs. Otolaryng. 23, 353-356, 1974

84) POTTER, G.D.
PALMER GOLD, R. Radiographic analysis of the skull
Dental Radiography and Photography
49, 27-39, 1976

85) RESCHREITER, C.
Zur Morphologie des Sinus maxillaris
Stuttgart 1878
zit. nach PAATERO (69)

86) RHOADES, J.
SCOTT, R.
Panoramic radiographs for the study of the head and neck
The Dental Assistant 39, 16-22, 1970

87) ROWSE, C.W.
Notes on interpretation of the orthopantomogram
Brit. dent. J. 130, 425-434, 1971

88) SACKERER, E.
Röntgenologische Untersuchungen über die Oberkieferhöhle und ihre Beziehungen zu den Zähnen
München 1933
zit. nach PAATERO (69)

89) SCHEIER, M.
Über die Verwerthung der Röntgenstrahlen in der Rhino- und Laryngologie
Arch. Laryng. Rhin. 6, 57-66, 1897

90) SCHOPF, P.
Längen- und Winkelmessungen am Orthopantomogramm
Fortschr. Kieferorthop. 27, 107-114, 1966

91) SEPIBUS, C. de
Les sinus maxillaires vus par le radiologue
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 87, 1086-1088, 1977

92) SHRAMEK, J.M.
RAPPAPORT, I.
Panoramic X-ray screening for early detection of maxillary sinus malignancy
Arch. Otolaryng. 90, 347-351, 1969

93) SINIGAGLIA, P.
MALAMAN, E.
RODIGHIERO, G.
L'ortopantomografia nella radiodiagnostica delle alterazioni mucose "minime" dei seni mascellari
Quad. Radiol. 35, 393-406, 1969

94) SMITH, N.J.D.
SOWRAY, J.H.
The use of the orthopantomograph
Brit. J. Radiol. 41, 871-874, 1968

95) SOILA, P.
General theory of narrow beam rotation tomography
Acta radiol. 55, 458-464, 1961

96) SONNABEND, E.
Extraorale Röntgenaufnahmen in der zahnärztlichen Praxis
Dtsch. Zahnärztekalender, 153-172, 1978

97) STRUPL, J.
Poznamky k vysetrovani radix in antro
Cs. Stomat. 75, 226-228, 1975

98) TAMMISALO, E.H.
The dimensional reproduction of the image layer in orthopantomography
Suom. Hammaslääk. Toim. 60, 2-12, 1964

99) TAMMISALO, E.H.
Determination of the form of the image layer and calculation of its location within the object in conventional and simultaneous orthopantomography
Suom. Hammaslääk. Toim. 60, 14-22, 1964

100) TAMMISALO, E.H.
Orthopantomography in the radiological examination of paranasal sinuses
Suom. Hammaslääk. Toim. 60, 24-30, 1964

101) TAMMISALO, E.H.
NIEMINEN, T.
The thickness of the image layer in orthopantomography
Suom. Hammaslääk. Toim. 60, 119-126, 1964

102) VERGARA, T.
GALLEGO, L.L.
La ortopantomografia en la exploracion del antro Highmoro
Acta oto-rino-laring. iberoamer. 24, 141-148, 1973

103) VUORINEN, P.
The roentgenographic slit methods
Acta radiol., Suppl. 177, 1959

104) WÄGENER, G.
Die Röntgenschichtuntersuchung als diagnostisches Hilfsmittel für die Erkennung von Erkrankungen der Nasennebenhöhlen und der oberen Luftwege
Med. Diss. Marburg 1952

105) WATERS, C.A.
A modification of the occipito-frontal position in roentgenography of the accessory nasal sinuses
Arch. Radiol. Electrother. 20, 15-17, 1915/16

106) WELIN, C.S.H.
Nasennebenhöhlen
in SCHINZ: Lehrbuch der Röntgendiagnostik, Bd. 3, 509-529, Thieme, Stuttgart 1966

107) YAMANO, H.
SASAHARA, H.
KITAHARA, K.
KUBOTA, S.
KAWADA, M.
TAKASHIMA, T.
The orthopantomography - its basic images
J. of Nihon University School of Dentistry 15, 44-51, 1973

108) YOUNG, B.R.
The skull, sinuses and mastoids
The Year Book Publishers
Chicago 1948

109) ZUCKERKANDL, E.
Makroskopische Anatomie
in SCHEFF, J.: Handbuch der Zahnheilkunde, Bd. 1,
Hölder, Wien 1891

Herrn Professor Dr. Dr. Dieter Herrmann danke ich herzlich für die Überlassung des Themas und die freundliche Unterstützung bei der Durchführung dieser Arbeit.

Lebenslauf:

08.01.1951	in Dohren geboren als Tochter des Zahnarztes Dr. Johannes Barlage und seiner Ehefrau Elisabeth, geborene Ruberg
1957 - 61	Besuch der Katholischen Volksschule in Herzlake
1961 - 69	Besuch der St. Ursula-Schule in Haselünne
02.05.1969	Abitur
WS 1969/70	Studium der Rechtswissenschaften an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
SS 1971	Studium der Chemie an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
WS 1971/72	Beginn des Zahnmedizinstudiums an der Freien Universität Berlin
21.03.1972	Vorphysikum
03.04.1974	Physikum
26.01.1977	Staatsexamen
02.02.1977	Approbation
ab Juni 1977	zahnärztliche Tätigkeit in verschiedenen Berliner Praxen

DISSERTATIONSDRUCK WALTER MONATH
Wichurastr. 58c Tel. 030/775 47 76/77 1 Berlin 46